creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

이학석사 학위논문

한국 부산 연안 저서 해조류의 해조상과 해조군집 구조

2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

김 주 희

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

이학석사 학위논문

한국 부산 연안 저서 해조류의 해조상과 해조군집 구조

지도교수 남 기 완

이 논문을 석사학위논문으로 제출함.

2012년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

김 주 희

김주희의 이학석사 학위논문을 인준함.

2012년 2월 24일

주 심 이학박사 오철웅 (인)

위 원 수산학박사 박원규 (인)

위 원 수산학박사 남기완 (인)

목 차

List of figures iii

List of tables v

Abstract vi

1. 서 론 1

2. 재료 및 방법 4

2-1. 조사지역 및 정점 4

2-2. 조사 방법 7

2-3. 환경조사 7

2-4. 해조 군집 분석 7

2-5. 해조군집과 환경요인과의 상관분석 9

3. 결 과 10

3-1. 조사지 환경 10

3-1-1. 수온 10

3-1-2. 염분 10

3-1-3. 영양염류 10

3-2. 종조성 18

3-3. 생물량과 피도 29

3-4. 중요종 31

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3-5. 수직분포 32

3-6. 해조군집과 환경요인과의 관계 38

3-7. 집괴분석 45

4. 고 찰 49

5. 감사의 글 58

6. 참고문헌 60

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

List of figures

Fig. 1. Location of sampling stations in this study area.....5

Fig. 2. RGB image of suspended solid in surface seawater of this study area. (Data from Landsat-7 ETM+ , landsat.gsfc.nasa.gov)..... 6

Fig. 3. Seasonal variations of water temperatures at each sampling station for this study.....14

Fig. 4. Seasonal variations of salinity in seawater at each sampling station for this study.....15

Fig. 5. Seasonal dissolved inorganic nutrient(ammonia, nitrates, phosphates) concentration in seawater at each sampling station for this study.....17

Fig. 6. Seasonal variations in number of algal species and floristic composition at each sampling station for this study.....21

Fig. 7. Seasonal variations of algal division at each sampling station in Busan, Korea.....23

Fig. 8. Annual mean abundance (%) of dominant species (IV>5.0) at each sampling station for this study.....36

Fig. 9. Relationship between macroalgal mean abundance (%) and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study 41

Fig. 10. Relationship between macroalgal mean biomass (g dry wt m^{-2}) and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study....42

Fig. 11. Relationship between mean abundance of *Ulva* group and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study....43

Fig. 12. Relationship between mean biomass of *Ulva* group and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station in for this study....44

Fig. 13. A dendrogram produced by cluster analysis at each sampling station for this study....47

Fig. 14. Seasonal variations of species diversity (H') at each sampling station for this study....48

Fig. 15. Relationship between salinity and seasonal mean precipitation based on data of areas adjacent to group II (station 3 and station 4) between February 2003 and November 2008 (Data from NFRDI, www.nfrdi.re.kr; www.kma.go.kr)....55

Fig. 16. Precipitation in Busan, Korea during sampling period....56

List of tables

Table 1. Mean value of environmental factors based on data of areas adjacent to sampling stations between February 2003 and November 2008 (Data from NFRDI, www.potal.nfrdi.re.kr)....13

Table 2. A list of marine algal species observed in this study....24

Table 3. Seasonal abundance(%), biomass(dry weight g m^{-2}) and important value(IV) of the major algal species(IV > 5.0) estimated in this study....33

Table 4. Vertical distribution of marine algal community at each station examined in this study....37

Table 5. Pearson correlation coefficient between biotic variables (Macroalgal mean abundance (%), Macroalgal mean biomass (g dry wt m^{-2}), *Ulva* mean abundance (%), *Ulva* mean biomass (g dry wt m^{-2})) and envrinmental variables (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study....40

Table 6. Comparison of marine algal species number and biomass investigated in Busan area, Korea....50

Flora and community structure of benthic marine algae in Busan, Korea

Ju hee Kim

Department of Marine Biology, The Graduate School,

Pukyong National University

Abstract

Flora and community structure of benthic marine algae depend on habitat. This study area located in Busan includes coastal area and estuary affected by Nak-dong river. A intertidal marine benthic algal vegetation was seasonally investigated at four stations selected from those area to clarify the community structure by quadrat method from February 2011 to October 2011.

Total 78 species including 9 of cholophyta, 17 of phaeophyta and 52 of rhodophyta were found during the examined period. Among these species, 15 species were found throughout the all stations. Maximum and minimum species number were recorded at station 1(55 species) and at 3(32 species), respectively. Annual mean biomass in dry weight was 193.8 g m^{-2}. Maximum biomass was recorded at station 2 as 284.4 g m^{-2}, whereas minimum value was observed at station 3 as 118.9 g m^{-2}. As based on the cluster analysis, grouping pattern between the four stations was significantly affected by season and Nak-dong river run off. Particulary, species composition and coverage between station 3 and station 4, that are strongly influenced by river run off, were similar to each other. At station 3 directly exposured on Nak-dong river run off, species

diversity was relatively low and dominant species were similar throughout four seasons. However, abundance at the station was relatively high because of *Ulva* bloom, although biomass was relatively low. This suggests that salinity and nitrates concentrations closely related with river run-off controlled according to precipitation affect importantly to the community structure. Salinity was negative to the abundance, while nitrates showed a positive relationship with it.

In conlusion, the spatio-temperal distribution of benthic marine algae in this study area was mainly determinated by the precipitation and influence range of river run-off with the seasons.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

1. 서 론

해조류의 정착성 특성을 고려할 때 해조류의 생육지를 여러 형으로 구분하는 것은 해조류 생태연구에 있어서 매우 중요하며, 이와 관련된 많은 연구들이 보고되어 있다(Feldmann 1937; Segawa 1956; Kang 1966; Cheney 1977). 특히 해조의 수직 분포에 관해서 많은 연구자들이 저조선이나 평균 조고를 주목하였다(Doty and Newhouse 1954; Underwood 1981; Amsler *et al.* 1995). 보통 해조 생육대의 층상 구조를 논의하는데 있어서 수직적인 생태적 구분은 평균 고조선과 해양 식생의 상한 사이인 상조간대, 조석간만이 규칙적으로 나타나는 조간대, 그리고 조간대 하부부터 해조류의 생육 하한선의 깊이까지인 조하대로 나뉜다(Kang 1968). 이 중에서 조간대는 간조 시에 공기 중에 직접 노출되는 곳으로, 많은 해조류 들이 분포한다.

조간대는 담수의 유입에 따라 크게 연안지역과 하구지역으로 나뉜다(Garrison 1999). 연안지역은 육지와 바다가 직접 접해 있는 곳으로 바다와 육지 요인들이 상호 영향을 미치는 역동적인 지역이라고 할 수 있다(Garrison 1999). 이에 반해 하구지역은 담수와 해수가 만나는 완충지대로서 일반적으로 시·공간적인 염분변화가 크고, 하천수와 함께 유입되는 영양염류와 부유물질의 농도가 높게 나타난다(Moon and Choi 1991; Yang *et al.* 2001).

이와 같이 서식지에 따른 다양한 환경요소들은 해조류 군집 구조에 영향을 준다. 물리(파도, 노출, 빛, 기질), 화학적(염분, 영양염) 요소들은 해조류가 서식할 수 있는 공간 및 식피에 영향을 미치며, 생물 상호간의 경쟁과 섭이 등과 같은 생물학적 요소는 종의 수직적 분포를 결정한다(Nelson *et al.* 2008). 특히 하구역의 주요 제한 요인인 염분은 해조류의 종 조성과 피도를 결정하는 주요 인자로서, 그 농도 따라서 해조상적 특징이 다르게 나타난다(Wilkinson 1981; Josselyn 1985). 이에 비하여 수온, 광도 및 영양염류는 해조류의 생물량을 조절하는 제한요인으로

간주된다(Breeman 1988; Fox *et al.* 2008; Lillebo *et al.* 2005; Martins *et al.* 2007). 이 중에서도 그 소비가 높은 암모니아와 질산염은 같은 영양염류는 해조류의 생물량의 변화에 중요하게 작용한다(Kang 1968; Lotez and Schramm 2000).

이러한 종합적인 환경요인들에 의하여 해조류의 군집 구조가 결정되는데, Wilkinson *et al.*(1995)에 따르면 연안지역은 비교적 높은 종 다양성을 보이는데 비하여 하구지역으로 갈수록 종의 수는 줄어들고, 형태적으로는 사상형의 다년생 해조류가 비교적 높게 나타난다. 또한 하구지역에서는 녹조류가 번무해 우점하는 분포 경향도 보이는데, 이러한 녹조류의 우점적 분포는 인간 활동에 의해 부영양화가 빈번하게 일어나는 연안지역도 마찬가지이다(Teichberg *et al.* 2010).

동해안의 남단과 남해안의 동단에 위치한 부산은 북태평양의 서부 해안을 따라 북상하는 쿠로시오 해류의 지류인 대마난류의 영향을 강하게 받으며, 연안지역과 하구지역 모두를 포함한다. 부산의 남단에 위치한 가덕도, 녹산 그리고 다대포는 낙동강 하구역에 위치하여 하천수의 영향을 많이 받을 뿐만 아니라 담수와 해수가 만나는 복잡한 순환 양상을 보이는 지역이다. 1987년 준공된 하구둑의 건설 전후의 물리화학적 해양환경 변화를 살펴보면, 건설 후에는 건설 전에 비해 담수의 흐름이 약해 졌고 조류가 흐름을 주도하던 혼합 기작이 담수의 방류가 주도하는 체계로 변하였다(Jang and Kim 2006). 특히 해양 오염으로 많은 연구 대상이 된 진해만의 입구에 위치하고 있는(Yoo *et al.* 2008) 가덕도의 경우 북쪽 연안의 신항 개발, 가덕도와 거제도를 잇는 거가대교 건설, 그리고 주변 지역의 개발 등으로 해양 환경 스트레스가 높아지고 있는 실정이다. 그럼에도 불구하고 지금까지 부산 지역의 해조군집에 대한 연구는 주로 해운대 동백섬(Lee and Kang 1971; Yoo 2003), 기장(Lee *at al.* 1984; Choi *et al.* 2010), 용호동(Nam and Kim 1999), 영도(Choi 2007), 일광만(Kang *et al.* 2008)과 같은 연안지역에 집중되어 있다.

따라서 본 연구에서는 부산지역의 다양한 연안지역과 하구지역의 해조식생을 정성·정량적으로 비교 검토하여 부산의 해조류 군집에 대한 시·공간적 변화를

고찰하고, 나아가서 해조류 군집의 종조성, 생물량 및 피도 등의 군집구조적 특성에 영향을 주는 주요 요인을 구명하고자 하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

2. 재료 및 방법

2-1. 조사지역 및 정점

본 연구의 조사정점은 부산지역 내에서 담수의 유입에 따라 하구 지역과 연안 지역으로 나누었다(Fig. 1). 하구 지역은 계절에 상관없이 항상 영향을 받는 지역으로 선정되었으며, 연안지역은 담수의 영향이 나타나지 않으며, 외양수의 영향을 비교적 크게 받는 지역, 계절에 따라 하구의 영향을 받지만 외양수의 영향이 더 크게 작용하는 지역 그리고 계절에 따라 하구의 영향을 받으면서 내만의 특성도 함께 나타나는 지역으로 선정하였고(Fig. 2), 2011년 02월부터 2011년 10월까지 계절별로 조사하였다. 정점 1은 부산의 동단에 위치하고 있으며 외양의 해류에 직접적으로 노출되어 항상 외양수의 영향을 받는다. 정점 2는 외양수의 영향을 크게 나타나지만 담수의 영향이 큰 계절에는 비교적 영향을 받는 지역이다. 반면 정점 3은 가덕도의 동편에 위치하여 낙동강 하구에 위치하여 계절에 따라 담수의 유입 정도는 다르지만 항상 담수의 영향을 받는다. 정점 4번은 가덕도의 서편에 위치하여 담수의 영향이 큰 계절에는 담수의 영향과 함께 내만인 진해만의 영향을 계속적으로 받는 연안 지역이다.

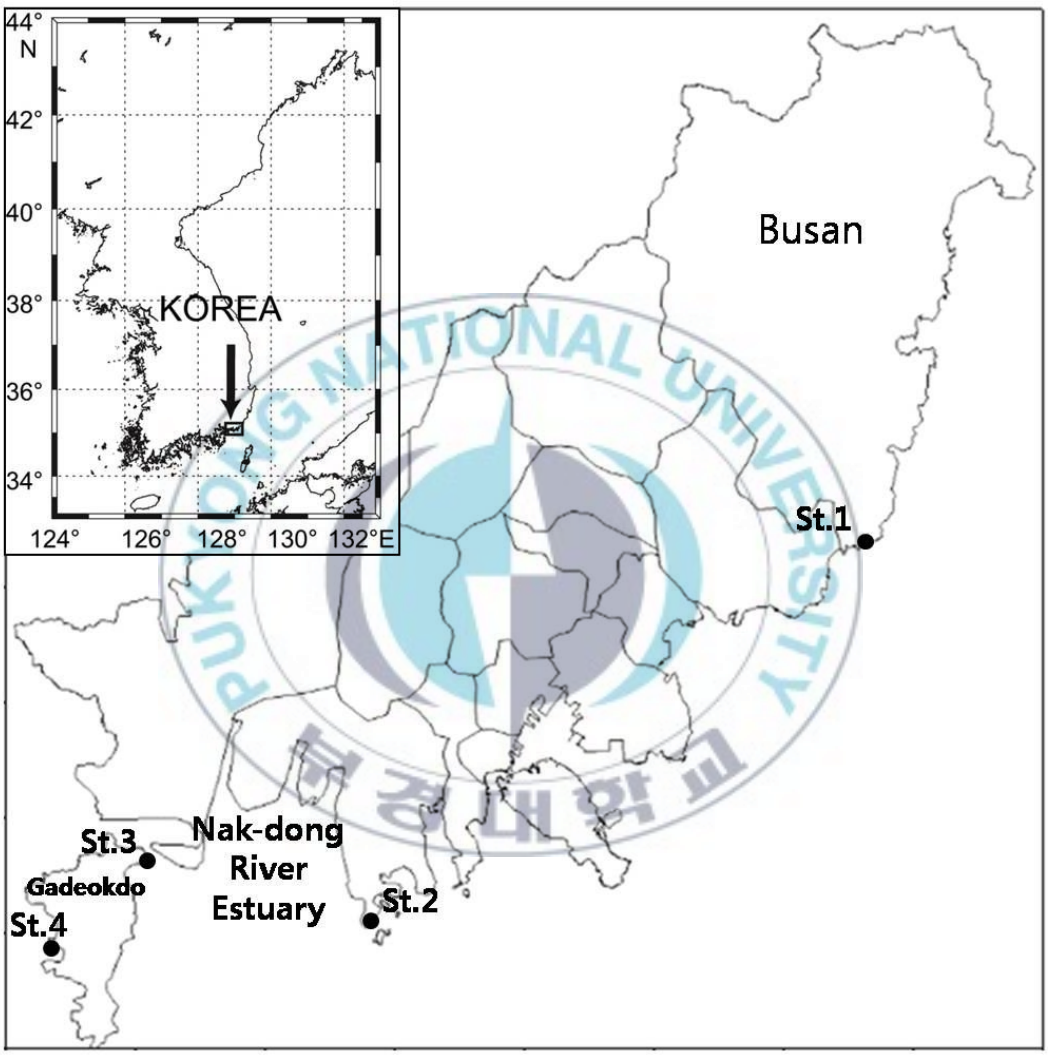


Fig. 1. Location of sampling stations in this study area.

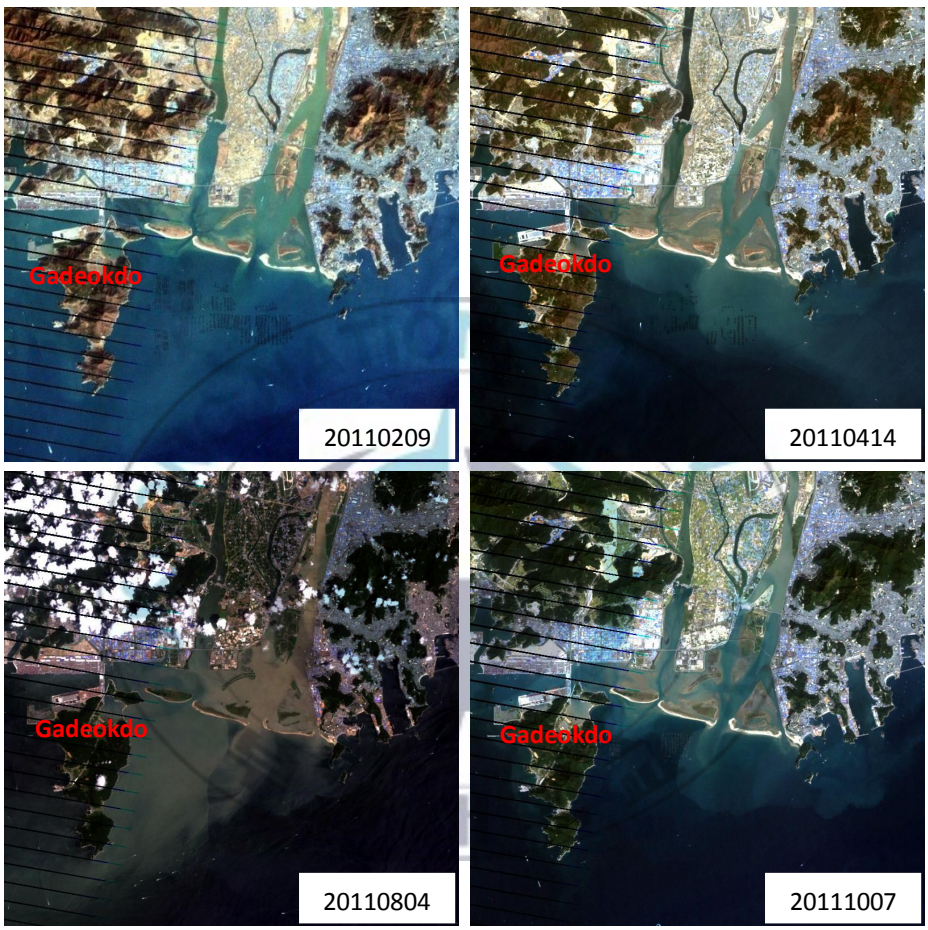


Fig. 2. RGB image of suspended solid in surface seawater of this study area. (Data from Landsat-7 ETM+ , landsat.gsfc.nasa.gov)

2-2. 조사 방법

정량 채집은 각 정점을 대표할 수 있는 조간대를 설정하고 10 cm X 10 cm로 구획된 방형구(50cm X 50cm)를 상,중, 하부에 놓고 피도와 빈도를 Saito and Atobe (1970)의 방법에 의해 야장에 기록한 후 끌칼을 이용하여 방형구내에 출현하는 모든 해조류를 전량 채집하였다. 채집된 해조류는 아이스박스 등을 이용하여 저온 보관한 후 즉시 실험실로 운반하여 포르말린-해수 용액(3~10%)으로 고정하였다. 그 이후, 현미경을 사용하여 동정하였으며, 출현종 목록 및 국명은 Kang(1968), Lee and Kang(1986, 2001)에 따랐다.

2-3. 환경조사

조사 지역 인근 해역에 표면수온, 염분, 영양염류 자료는 국립수산과학원 한국 해양자료 센터의 국가해양환경측정망 자료(NFRDI, www.portal.nfrdi.re.kr)를 이용하였다. 조사 정점의 수온과 염분은 T-S meter(Thermo, ORION 3 STAT T-S meter)를 이용하여 현장 조사 시 직접 측정하였다. 그리고 각 조사 정점의 영양염류는 현장에서 직접 채취한 물을 필터링한 후 실험실로 운반되어 플라스틱 병에 냉동 보관했다. 그 후 자동분석기(Bran-Luebbeⓡ TRA-ACS 2000 Autoanalyzer)를 이용해 영양염류(암모니아, 질산염, 인산염)를 분석하였다.

2-4. 해조군집 분석

현존량은 담수로 수회 세척하여 모래와 불순물을 제거하고 동정한 후 80℃로 설정된 건조기에서 48 시간 동안 건조한 후 건중량을 측정하여 단위 면적(m^{-2})당 생물량으로 환산하였다. 피도는 Braun-Blanquet 피도 등급에 의해 기록된 야장자료를 근거로 단위 면적당 피복 백분율로서, 빈도는 전체 조사 방형구 수에

대한 대상 종의 출현 방형구 수의 비로 산출하였다. 이를 기초로 상대피도는 방형구 내의 전 출현종의 피도 합에 대한 대상 종의 피도 백분율로 산출하였다. 조사정점의 우점종을 알아 낼 수 있는 중요도 (IV, important value)는 상대피도와 상대빈도의 산술평균으로 계산하였다(Mueller-Dombois and Ellenberg 1974).

피도 = (출현종(i)이 차지하는 면적/방형구의 면적)

빈도 = (출현종(i)이 있는 소방형구의 수/세분된 소방형구의 수) × 100

상대피도 = (i 종의 피도 합/전 종의 피도 합) × 100

상대빈도 = (i 종의 빈도 합/전 종의 빈도 합) × 100

중요도(IV) = (상대피도+ 상대빈도) / 2

각 정점별 종다양도는 Shannon의 다양도 지수(H')를 이용하였다.

$$H' = -\sum P_i \log_e P$$

출현종 및 출현종의 피도 자료를 이용하여 Bray-Curtis(Bray and Curtis 1957)의 유사도 지수(similarity)는 PRIMER 6.0 computer package를 사용하여 정점별 유사도를 작성하였다.

2-5. 해조군집과 환경요인과의 상관분석

해조류 군집과 해양환경요인간의 상관관계를 살펴 보기 위해서 Yang *et al.* (2001) 에 따라 연안지역과 하구지역에서 비교적 큰 차이를 보이는 환경요인으로 염분과 영양염류(암모니아, 질산염, 인)을 선정하였으며, 2-표본 t-test(Korean Minitab Ver. 4.0)를 사용하여, 연안지역과 하구지역의 환경요인에 차이를 확인하였다. 그리고 전체 해조류 피도와 생물량은 계절별, 정점별에 따라 분석된 피도 그리고 생물량 자료를 바탕으로 각각 평균 한 후 그 값을 사용하였다. 그리고 분석된 자료를 바탕으로 일부 해조류 그룹의 상관관계를 보기 위하여 구멍갈파래와 잎갈파래를 갈파래류(*Ulva*) 그룹으로 묶은 후 갈파래류의 계절별, 정점별 평균 피도와 생물량을 분석하였다. 염분과 영양염류(암모니아, 질산염, 인)는 현장에서 측정하고 분석한 자료를 사용하였다. 그러나 추계에 측정된 정점 3의 자료는 상관관계를 분석하는데 이상점으로 판된되어 모든 값이 샘플에서 제외됨으로써 각각의 샘플은 15개씩 사용되었다.

그 후 환경요인과 해조류 군집 구조간의 유의차 검정은 상관관계(Korean Minitab Ver. 4.0)를 이용하였으며, Excel program을 이용해 이 관계를 가시화 시켰다.

3. 결 과

3-1. 조사지 환경

3-1-1. 수온

4개 정점의 수온은 계절에 따라 8.4~26.8℃로 측정되었는데, 전체적으로는 계절에 따라 그 변화는 유사하였다(Fig. 3). 국립수산과학원으로부터 얻은 이 지역 인근의 해수온은 6.28~26.43℃로 조사시 현장에서 측정한 수온과 국가해양환경측정망의 자료간에 큰 차이는 나타나지 않았다(Tabel 1).

3-1-2. 염분

염분의 경우 정점 1에서는 연평균 33.3psu으로 유사하였지만, 정점 2와 4는 계절에 따라 28.4psu~35.0psu으로 변화가 있었다. 정점 3은 나머지 세 정점에 비하여 가장 큰 변동 폭을 보였다(Fig. 4). 국가해양환경측정망의 자료에 따르면 정점 1의 인근 지역의 염분은 연평균 33.1psu로 나타났으며, 정점 2와 정점 4의 인근 지역의 염분은 계절에 따라 28.1psu~33.9psu로 보고되어 현장에서 직접 측정한 염분과 거의 차이가 없었다(Tabel 1). 정점 3의 인근 지역으로부터 측정된 염분은 정점 3과 마찬가지로 계절에 따라 변동 폭이 크게 나타났으며, 춘계부터 염분이 점점 낮아져 하계에는 25.5psu로 가장 낮게 나타났다. 그러나 직접 현장에서 측정한 정점 3의 염분은 하계(15.7psu)보다 춘계(14.1psu)에 더 낮게 측정되었다.

3-1-3. 영양염류

영양염류는 암모니아, 질산염 그리고 인산염이 계절별, 정점별로 측정되었으며(Fig. 5), 각각의 정점에 따라 다른 범위를 보였다. 암모니아는 정점 1에 1.71~7.00uM의 범위로 나타났으며, 정점 2에서는 1.93~9.21uM 의 범위로 나타났다.

정점 3에서는 1.79~30.21uM의 범위를 보이면서 다른 정점들에 비해서 비교적 높게 나타났으며, 춘계에 30.21uM으로 측정된 기간 중 가장 높게 나타났다. 정점 4에서는 1.29~10.14uM의 범위를 보였다. 질산염은 정점 1에서 2.36~12.29의 범위로 나타났으며, 정점 2에서는 3.43~41.29uM 의 범위를 보였다. 정점 3에서는 3.21~96.14uM 의 비교적 높은 범위를 보였으며, 춘계에 96.14uM 로 가장 높게 나타났다. 또한 하계에도 59.71uM 로 비교적 높게 계속적으로 유지하였다. 정점 4는 2.86~6.93uM의 범위로 나타났다. 인산염은 정점 1에서 0.13~0.77uM 의 범위를 보였으며, 정점 2에서 0.39~0.61uM의 범위로 나타났다. 그리고 정점 3에서는 0.42~1.45uM의 범위를 보이며, 암모니아 질산염과 같이 비교적 높게 나타났다. 정점 4에서는 0.10~0.61uM의 범위를 보였다. 국가해양환경측정망 자료로부터 얻어진 영양염류 자료 중 암모니아, 질산염 그리고 인산염만을 살펴 보면, 정점 1, 2 그리고 정점 3에 인접한 지역의 암모니아는 계절에 따라 0.77~2.42uM의 범위로 비슷하게 나타났다. 그러나 정점 4에 인접한 지역은 계절별 측정에 따라 1.69~3.35uM의 범위로 나타났다. 질산염은 정점 1과 2에 인접한 지역으로부터 측정되어 분석된 값이 계절에 따라 3.35~7.79uM의 범위로 나타났다. 정점 3에서는 4.63~14.90uM으로 나타났으며, 하계에 14.90uM의 값으로 높게 나타났다. 정점 4에서 또한 정점 3과 마찬가지로 2.49~11.99uM로 비교적 높은 값을 보였다. 인산염은 정점 1, 2 그리고 정점 3과 인접한 지역으로부터 측정된 값이 0.78~1.37uM로 나타났다. 그러나 정점 4에 인접한 지역은 계절에 따라 2.08~2.80uM의 비교적 높은 값을 보였다(Table 1).

이와 같이 직접 측정하여 분석한 자료와 국가해양환경측정망 자료로부터 제공된 결과에 따르면 정점 3과 정점 3의 인접 지역은 전반적으로 영양염류의 값이 계절에 상관없이 다른 정점에 비해 두드러지게 높게 나타났으며, 영양염류 중 질산염의 변동이 계절에 따라 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 그리고 직접 분석한 정점 2와 정점 4에서는 계절에 따라 영양염류의 값에 변동이 있다는 것은 확인할 수

있었지만 정점 4의 특징인 내만에서 나타나는 높은 영양염류의 범위는 나타나지 않았다. 하지만 국가해양환경측정망의 자료 중 정점 4와 인접한 지역의 정점은 암모니아, 질산염, 인산염이 다른 정점 들에 비해 높게 나타나고, 계절에 따라서도 큰 변동을 보였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Table 1. Mean value of environmental factors based on data of areas adjacent to sampling stations between February 2003 and November 2008 (Data from NFRDI, www.potal.nfrdi.re.kr)

Month	Station	Temperature	Salinity	D.O	S.S	Ammonia	Nitrate	Nitrite	Phosphate	T-N	Silicate
		(℃)	(psu)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)/t
Feb.	A.-St.1	11.89	33.65	9.70	9.64	0.02	0.10	0.01	0.04	0.27	0.20
	A.-St.2	11.63	33.94	9.62	5.81	0.02	0.08	0.01	0.03	0.27	0.22
	A.-St.3	9.91	33.07	10.22	8.93	0.03	0.10	0.01	0.03	0.27	0.26
	A.-St.4	6.28	33.02	11.23	6.00	0.05	0.12	0.01	0.06	0.53	0.09
May	A.-St.1	14.87	33.48	8.45	6.58	0.01	0.08	0.00	0.02	0.24	0.11
	A.-St.2	14.58	33.37	8.97	10.66	0.03	0.07	0.01	0.03	0.40	0.22
	A.-St.3	15.07	32.06	9.10	10.45	0.02	0.06	0.01	0.03	0.38	0.18
	A.-St.4	17.01	31.63	9.98	10.34	0.04	0.08	0.01	0.08	0.50	0.17
Aug.	A.-St.1	21.12	31.93	8.46	3.78	0.03	0.05	0.00	0.02	0.23	0.18
	A.-St.2	23.43	29.67	8.94	5.21	0.03	0.11	0.00	0.03	0.35	0.28
	A.-St.3	23.31	25.49	8.47	5.97	0.01	0.21	0.01	0.02	0.41	0.85
	A.-St.4	26.43	28.05	10.27	5.36	0.02	0.17	0.01	0.09	0.50	0.07
Nov.	A.-St.1	17.62	33.22	8.13	6.01	0.02	0.09	0.01	0.03	0.41	0.28
	A.-St.2	17.72	32.87	7.60	6.35	0.04	0.10	0.01	0.03	0.50	0.35
	A.-St.3	16.97	32.09	7.56	9.26	0.03	0.13	0.02	0.03	0.39	0.37
	A.-St.4	17.41	31.58	10.58	5.66	0.03	0.03	0.01	0.07	0.49	0.18

A., adjacent area

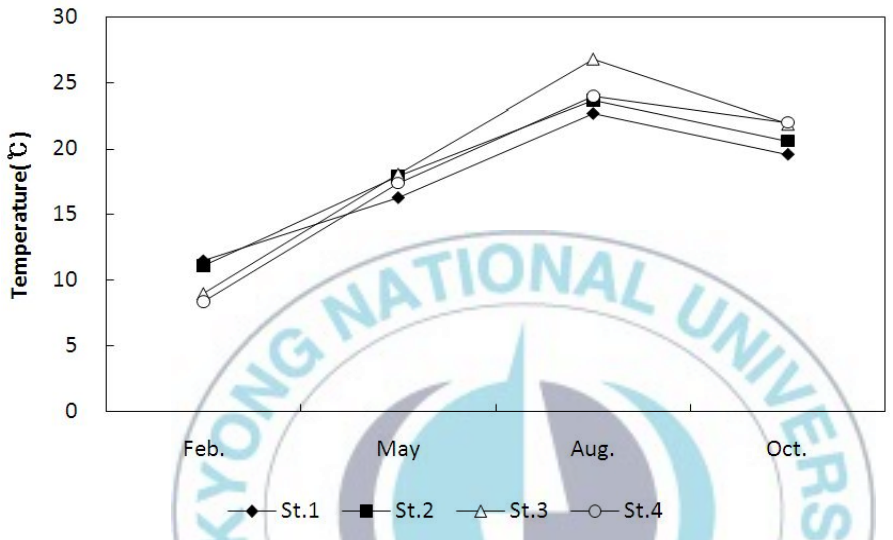


Fig. 3. Seasonal variations of water temperatures at each sampling station for this study.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

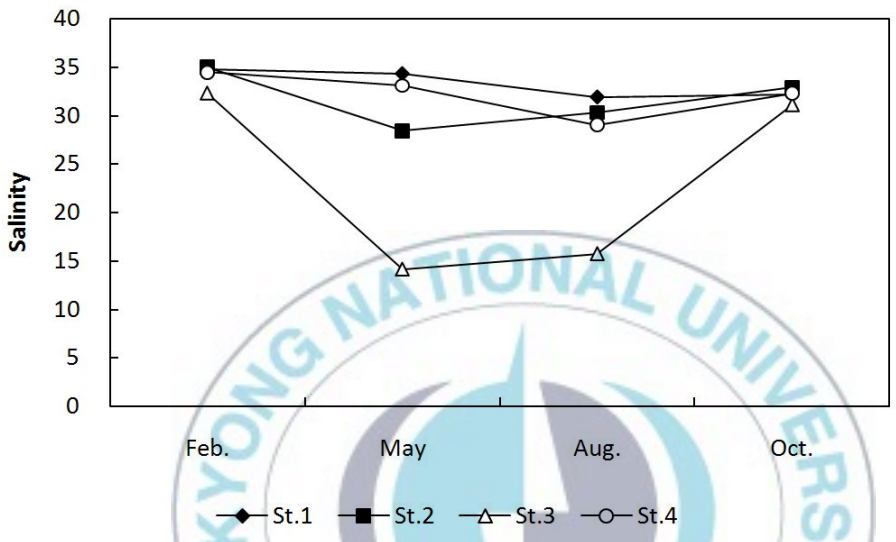
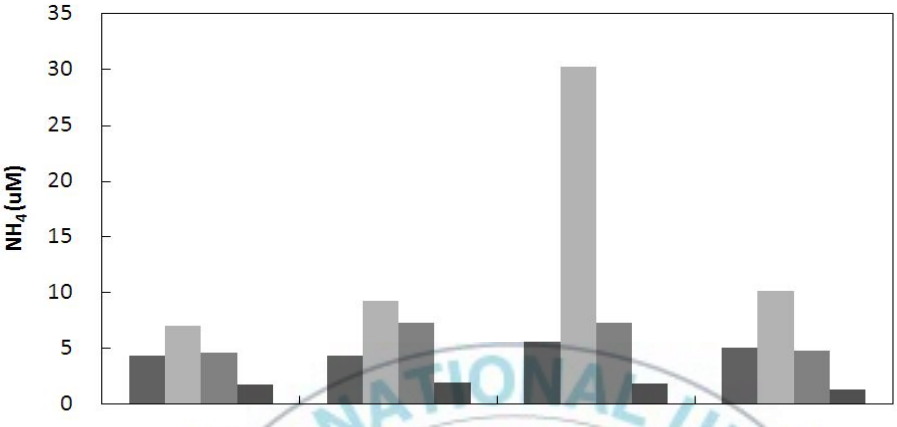
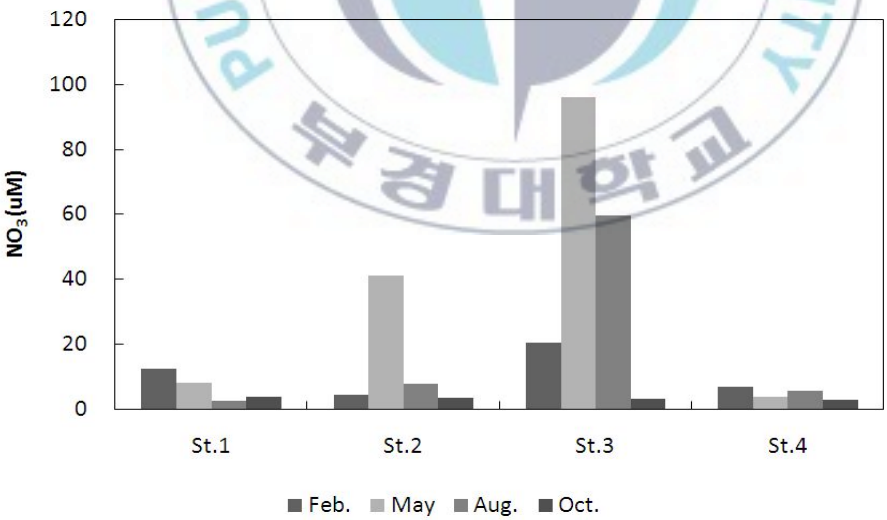


Fig. 4. Seasonal variations of salinity in seawater at each sampling station for this study.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교





PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

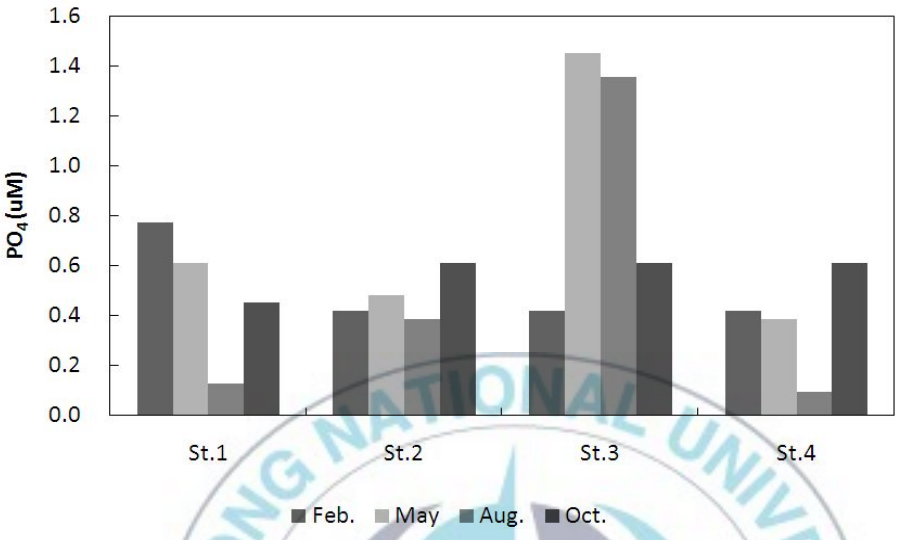


Fig. 5. Seasonal dissolved inorganic nutrient(ammonia, nitrates, phosphates) concentration in seawater at each sampling station for this study.

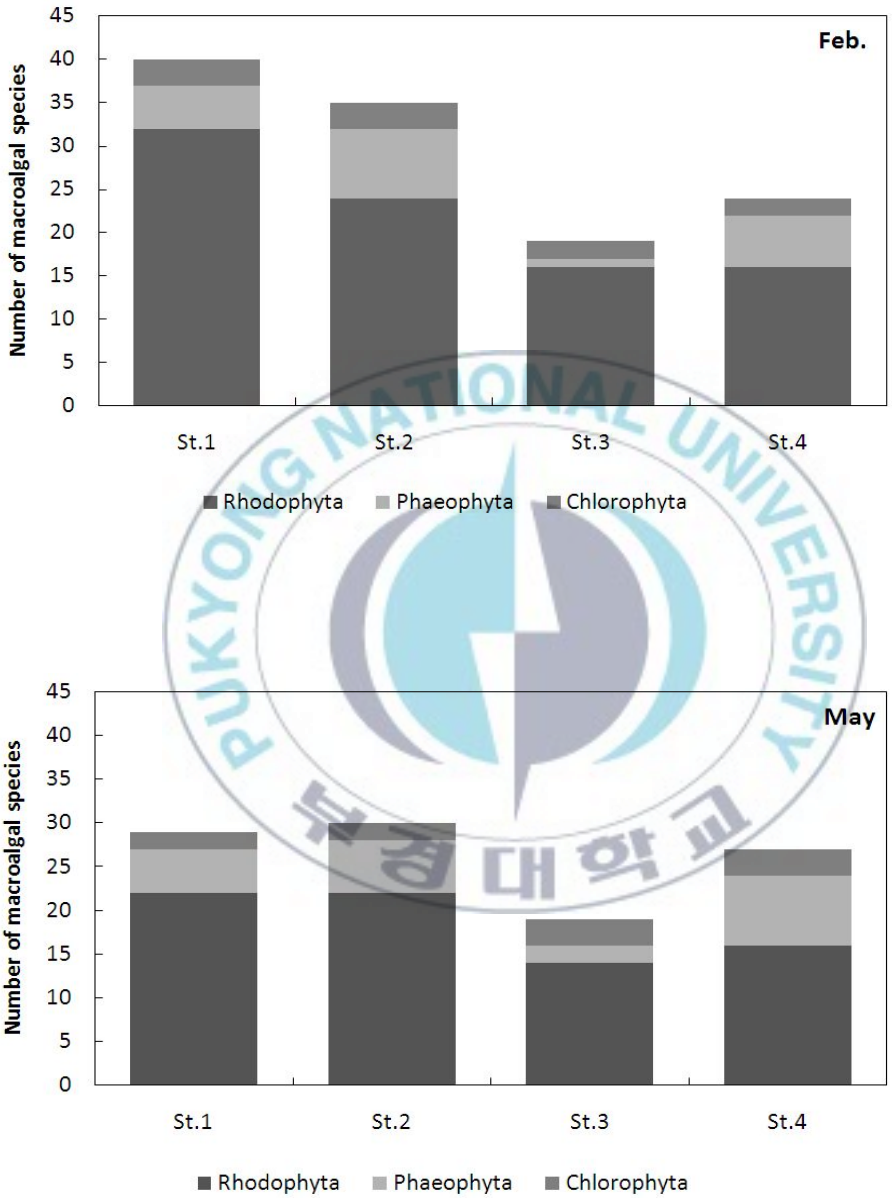
PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3-2. 종조성

연구기간 동안 이 지역에 출현한 해조류는 총 78종으로 동정 되었으며, 분류문 별로는 녹조류(Chlorophyta) 9종, 갈조류(Phaeophyta) 17종, 홍조류(Rhodophyta) 52종으로 홍조식물이 66.7%로 가장 높은 비율로 출현하였다(Table 2). 각 계절별 출현종수는 동계과 춘계에 55종으로서 가장 많이 출현하였으며, 추계에 47종, 하계에는 38종 순으로 나타났다. 정점별 종 수를 비교해 보면, 정점 1에서 총 55종으로 출현종 수가 가장 풍부하게 나타났고, 정점 2는 총 48종, 정점 4는 43종으로 정점 1에 비해 비교적 빈약한 출현종 수를 나타냈다. 정점 3에서는 모든 정점 중 32종으로 가장 적은 출현종수를 보였다(Fig. 6). 각 정점별, 분류문별 천이를 살펴보면(Fig. 7), 정점 1에서 녹조류는 추계에 6.9%로 다른 계절에 비해 비교적 높게 출현하였고, 갈조류는 춘계와 추계에 17.2%로 비교적 많이 나타났다. 반면 홍조류는 녹조류, 갈조류에 비해 계절에 상관없이 75.8~81.3%로 높게 출현하였지만 갈조류의 출현 비율이 높은 추계와 춘계에 75.9~79.3%로 비교적 낮게 나타났다. 정점 2에서 녹조류는 계절에 따라 4.5~8.6%로 나타났으며, 동계에 8.6%로 다른 계절에 비해 비교적 높게 나타났다. 갈조류는 동계, 춘계 그리고 추계는 20~22.8%로 비교적 비슷하게 출현하나 하계에 15%로 비교적 낮게 나타난다. 홍조류는 정점 1과 마찬가지로 홍조류의 출현 빈도가 68.6~72.7%로 비교적 높게 출현했다. 정점 3의 경우 녹조류와 갈조류가 계절에 따라 각각 10.5~30%, 0~10.5%로 출현하였는데, 이처럼 정점 3에서는 녹조류가 갈조류의 출현 빈도 보다 높았다. 홍조류는 전체적으로 70~84%를 차지하며, 동계에 84%로 비교적 높게 나타났다. 정점 4의 녹조류는 정점 1과 2에 비해 비교적 높게 8.3~13.6%로 계절에 따라 나타났다. 갈조류는 하계에 11.1%로 비교적 낮게 나타났으나, 추계에는 31.8%로 높게 출현했다. 홍조류는 동계, 추계 그리고 추계에 54.5~66.6%로 정점 1, 2 그리고 4에 비해 홍조류의 출현빈도가 비교적 낮았다. 계절 별로 연중 출현 한

종은 총 22종으로, 녹조류 2종(구멍갈파래(*Ulva pertusa*), 잎갈파래(*Ulva linza*)), 갈조류 4종(지충이 (*Sargassum thunbergii*), 불레기말 (*Colpomenia sinuosa*), 톳 (*Sargassum fusiforme*), 개그물바탕말 (*Rugulopteryx okamurae*)), 홍조류 16종(부챗살 (*Ahnfeltiopsis flabelliformis*), 진두발 (*Chondrus ocellatus*), 까막살 (*Polyopes affinis*), 참지누아리 (*Grateloupia filicina*), 작은구슬산호말 (*Corallina pilulifera*), 애기마디잘록이 (*Lomentaria hakodatensis*), 개서실 (*Chondria crassicaulis*), 참도박 (*Grateloupia elliptica*), 참사슬풀 (*Champia parvula*), 돌가사리 (*Chondracanthus tenellus*), 참보라색우무 (*Symphyocladia latiuscula*), 잔금분홍잎 (*Acrosorium polyneurum*), 마디잘록이 (*Lomentaria catenata*), 참곱슬이 (*Plocamium telfairiae*), 애기돌가사리 (*Chondracanthus intermedius*), 개도박 (*Grateloupia lanceolata*)) 이었고, 이 중 홍조류가 약 72.7%로 높은 비율을 기록했다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교



PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

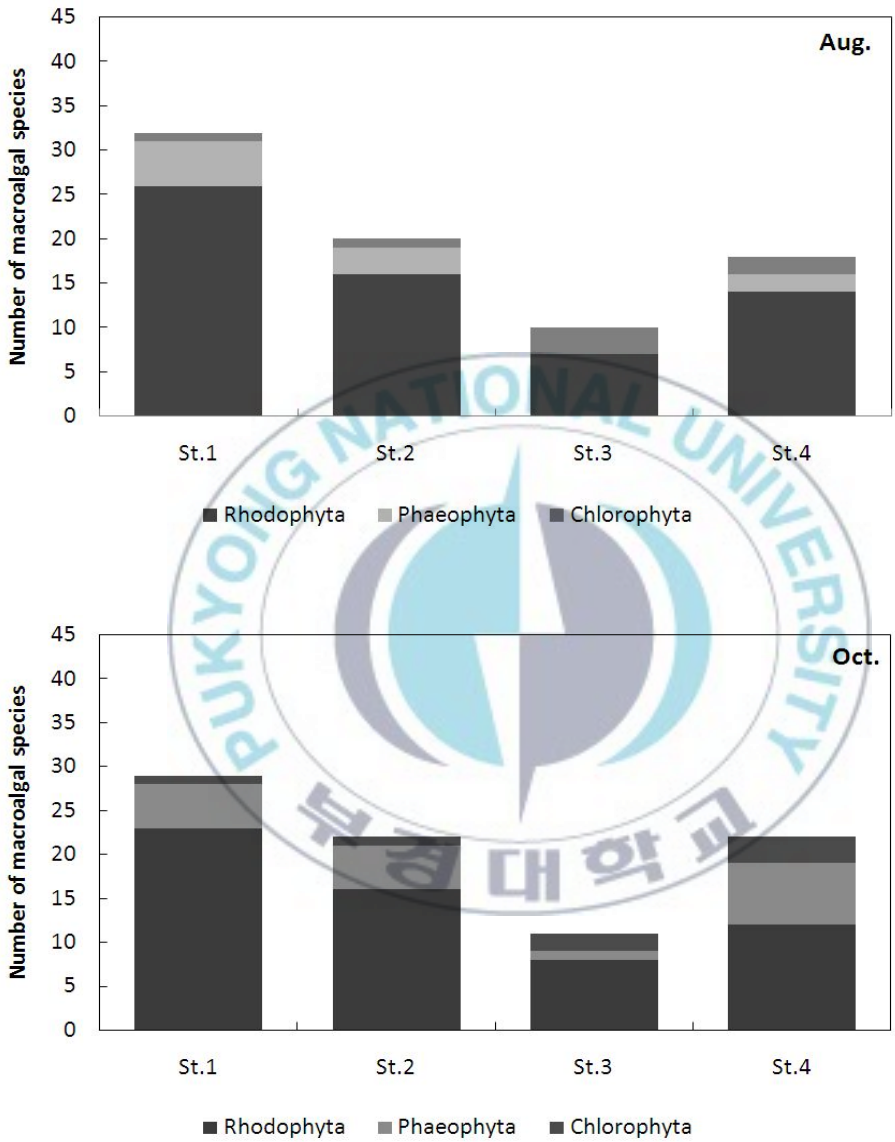
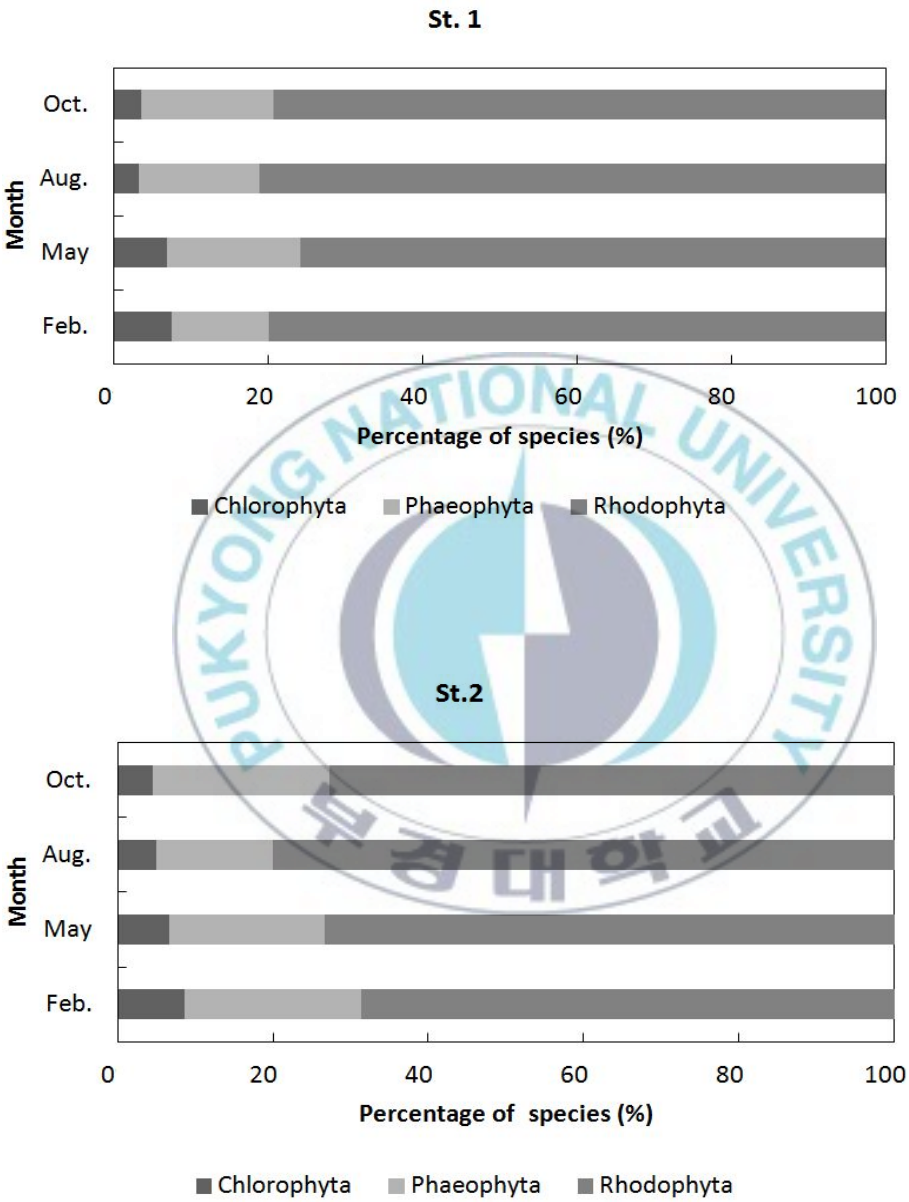


Fig. 6. Seasonal variations in number of algal species and floristic composition at each sampling station for this study.



PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

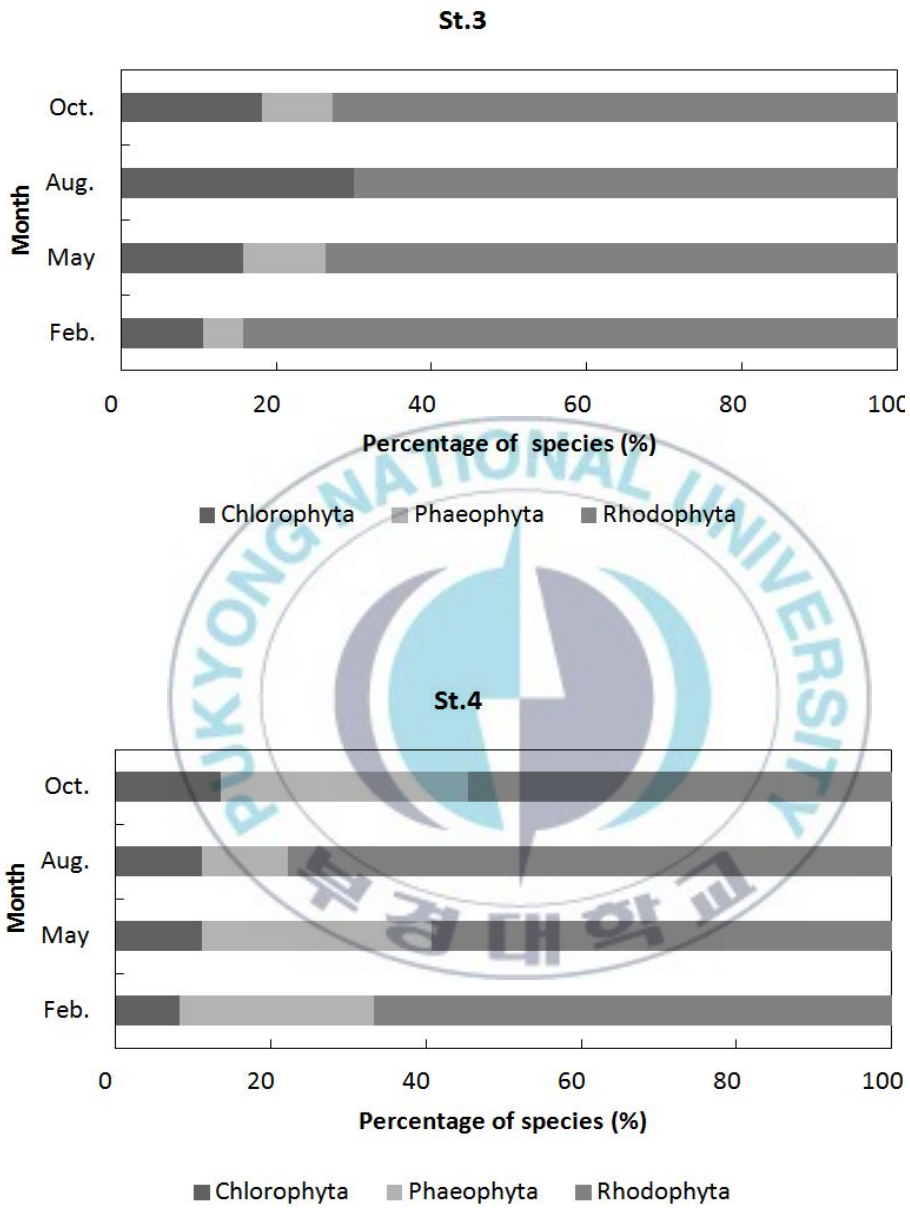


Fig. 7. Seasonal variations of algal division at each sampling station in Busan, Korea.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Table 2. A list of marine algal species observed in this study

	Season	Winter				Spring				Summer				Autumn				Total
Species	Site	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Chlorophyta																		
Ulva arasakii									+									
Ulva pertusa		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Ulva linza		+	+	+		+	+	+	+			+	+			+		
Bryopsis plumosa		+																
Ulva clathrata			+															
Monostroma nitidum					+													
Cladophora sp.								+										
Cladophora japonica												+					+	
Ulva intestinalis																	+	
Phaeophyta																		
Sargassum thunbergii		+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+		+	
Colpomenia bullosa		+			+	+												
Colpomenia sinuosa		+			+	+			+	+							+	
Sargassum horneri		+		+	+			+	+					+		+	+	
Sargassum fusiforme		+					+		+	+	+		+		+		+	

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

	Season	Winter				Spring				Summer				Autumn				Total
Species	Site	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Scytosiphon canaliculatus			+															
Scytosiphon lomentaria			+				+											
Rugulopteryx okamurae			+			+	+				+				+			
Undaria pinnatifida			+					+										
Dictyota coriacea			+				+							+	+		+	
Sargassum hemiphyllum			+		+													
Sargassum confusum			+		+		+		+									
Petrospongium rugosum									+									
Ishige sinicola									+								+	
Ishige okamurae									+					+	+		+	
Myelophycus simpelx						+				+								
Dictyopteris prolifera										+				+				
Rhodophyta																		
Ahnfeltiopsis flabelliformis		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Chondrus ocellatus		+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+		+	
Polyopes affinis		+				+	+			+				+				
Grateloupia filicina		+		+			+	+				+		+				
Gelidium amansii		+		+	+	+		+	+								+	

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

	Season	Winter				Spring				Summer				Autumn				Total
Species	Site	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Polyopes prolifer		+	+			+												
Pterocladiella capillacea		+	+							+	+	+	+	+			+	
Corallina pilulifera		+	+			+	+		+	+	+		+	+	+		+	
Grateloupia cornea		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+					
Lomentaria hakodatensis		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	
Chondria crassicaulis		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	
Gloiopeltis furcata		+				+				+								
Porphyra suborbiculata		+		+	+			+										
Grateloupia elliptica		+	+		+	+	+			+	+			+	+			
Polyneura japonica		+				+				+								
Champia parvula		+	+		+	+	+	+	+	+	+		+		+			
Grateloupia turuturu		+	+	+				+										
Chondracanthus tenellus		+	+		+		+		+	+	+		+		+	+		
Symphyocladia latiuscula		+	+			+	+	+	+	+	+			+	+			
Acrosorium polyneurum		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	
Acrosorium yendoi		+		+						+							+	
Lomentaria catenata		+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+			
Hypnea pannosa		+																
Plocamium telfairiae		+				+				+				+				

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

	Season	Winter				Spring				Summer				Autumn				Total
Species	Site	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Chondracanthus intermedius		+	+				+	+	+	+	+	+	+		+	+		
Campylaephora hypnaeoides		+	+	+					+								+	
Ceramium boydenii		+		+														
Heterosiphonia japonica		+		+														
Neosiphonia japonica		+	+	+		+		+	+								+	
Hypnea charoides		+									+	+			+			
Cryptopleura ramosa		+		+			+									+		
Laurencia pinnata		+	+				+								+			
Porphyra yezoensis			+			+												
Polysiphonia morrowii			+			+		+										
Grateloupia sparsa			+												+			
Grateloupia lanceolata			+			+	+	+	+		+				+	+		
Chondrophycus cartilaginea			+			+												
Ceramium kondoi				+				+									+	
Grateloupia asiatica								+										
Laurencia venusta								+		+	+				+			+
Caulacanthus ustulatus										+	+		+	+	+	+	+	+
Laurencia intricata										+				+				
Gayliella flaccida								+										

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

	Season	Winter				Spring				Summer				Autumn				Total
Species	Site	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Heterosiphonia pulchra						+												
Grateloupia imbricata										+								
Gracilariopsis longissima												+			+			
Delisea pulchra										+								
Chondrophycus intermedia										+	+		+	+			+	
Chondrus nipponicus														+				
Aglaothamnion callophyllidicola														+				
Neosiphonia elongella																+		
Grateloupia divaricata																+		
Chlorophyta		3	3	2	2	2	2	3	3	1	1	3	2	1	1	2	3	9
Phaeophyta		5	8	1	6	5	6	2	8	5	3	0	2	5	5	1	7	17
Rhodophyta		32	24	16	16	22	22	14	16	26	16	7	14	23	16	8	12	52
Sum		40	35	19	24	29	30	19	27	32	20	10	18	29	22	11	22	78

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3-3. 생물량과 피도

이번 조사에서 분석된 부산연안의 생물량과 피도는 Table 3과 같다. 각 정점에서 출현한 해조류 중에서 4계절의 중요도가 5.0 이상인 종의 연평균 생물량(g dry wt m^{-2})과 피도(%)는 193.8g m^{-2}와 26.3%으로 나타났다.

계절별 생물량은 춘계에 263.3g dry wt m^{-2}으로 가장 높은 값을 기록했고, 동계에 가장 낮은 100g dry wt m^{-2}을 기록하였다. 생물량이 30g dry wt m^{-2} 이상을 나타낸 해조류는 동계에 정점 1에서 괭생이모자반(*Sargassum horneri*)였으며, 정점 2에서는 마디잘록이가, 정점 3에서는 중요도가 5.0 이상으로 선정된 구멍갈파래, 잎갈파래, 개서실 모두 30g dry wt m^{-2} 이상으로 나타났다. 정점 4에서는 30g dry wt m^{-2} 를 넘는 해조류가 전혀 관찰 되지 않았다. 춘계에는 정점 1에서 구멍갈파래와 참보라색우무가 높은 생물량을 보였고, 정점 2에서는 구멍갈파래 부챗살, 그리고 작은구슬산호말이 높은 값을 보였다. 정점 3에서는 구멍갈파래의 생물량이 116.2g dry wt m^{-2}으로 낮은 생물량을 가지는 엽상형임에도 불구하고 아주 높게 나타났다. 정점 4에서는 지충이가 306.5g dry wt m^{-2}으로 4계절 중 가장 높은 생물량을 기록하였으며, 다음으로 구멍갈파래가 높은 생물량을 보였다. 하계에는 정점 1과 정점 2에서 작은구슬산호말의 생물량이 다른 해조류에 비해 아주 높게 나타났다. 정점 3에서는 잎갈파래가 가장 높은 값을 보였고, 정점 4에서는 구멍갈파래, 잎갈파래, 지충이의 생물량이 높았다. 추계에 정점 1과 정점 2는 여름에서와 마찬가지로 작은구슬산호말의 생물량이 높게 나타난다. 그러나 정점 1에서는 참보라색우무의 생물량이 다음으로 높고, 정점 2에서는 지충이와 개서실의 생산량이 높게 나타난다. 정점 3에서는 동계, 춘계, 하계와 마찬가지로 추계에는 구멍갈파래와 잎갈파래의 생산량이 높게 나타난다. 정점 4에서는 구멍갈파래의 생물량이 가장 높았다. 각 정점별 평균 생물량은 정점 2에서 284.4g dry wt m^{-2}으로 다른 정점에 비해 가장 높은 생물량을 보였으며, 다음으로 정점 1에서 206.4g dry wt m^{-2}을, 정점 4는 165.4g dry wt m^{-2}으로 나타났다. 정점 3

은 118.9g dry wt m^{-2}으로 비교적 낮은 생물량을 보였다.

계절별 총 해조류 피도는 동계에 18.7%로 최소 였고, 추계에 33.3%로 최대였다. 동계에 정점 1에서 구멍갈파래는 3.6%로 가장 높은 값을 보였다. 정점 2에서는 10.7%를 보인 매끈이고리매(*Scytosiphon canaliculatus*)의 피도가 가장 높았고, 정점 3에서는 잎갈파래가 9.3%의 피도값으로 가장 높았다. 정점 4에서는 방사무늬김(*Porphyra yezoensis*)이 7.3%로 최대값을 보였다. 춘계에는 모든 정점에서 구멍갈파래의 피도가 가장 높게 나타난다. 특히 정점 3은 27.9%로 정점별 중 가장 높은 피도값을 가진다. 하계에 점점 1에서는 구멍갈파래의 피도가 15.8%로 가장 높다. 정점 2에서는 작은구슬산호말의 피도가 10.9%로 가장 높게 나타난다. 정점 3에서는 동계와 춘계에 비해 하계에 잎갈파래의 피도가 급격히 증가하여 17.2%로 가장 높은 피도값을 가진다. 정점 4번 또한 잎갈파래가 14.7%으로 최대 피도값을 보인다. 추계에 정점 1은 동계, 춘계, 하계와 마찬가지로 구멍갈파래의 피도가 9.2%로 가장 높다. 정점 3 또한 정점 1과 마찬가지로 구멍갈파래의 피도 값이 계절에 상관 없이 높은 피도 값을 보이나 추계에 구멍갈파래의 값은 32.4%로 계절별, 정점별 가장 높은 피도 값을 보인다. 정점 4번 또한 구멍갈파래의 피도값이 22.1%로 높은 피도 값을 보인다. Fig. 8에서 나타나듯이 각 정점별 평균 피도(%)는 정점 3에서 35.8%로 가장 높은 피도값을 보였으며, 다음으로 정점 4에서 24.7%을, 정점 2는 23%로 나타났다. 정점 1은 21.7%로 가장 작은 피도를 보였다. 다른 지역에 비해 정점 3이 가장 높은 피도 값을 보이며, 특히 구멍갈파래와 잎갈파래의 피도 값이 높은 것을 볼 수 있다.

3-4. 중요종

이번 조사에서 분석된 부산 연안의 주요 종(IV > 5)의 중요도는 Table 3과 같다. 4계절 모두 출현하며 중요도가 높은 종은 구멍갈파래였다. 계절별 제 1, 2 우점종 및 중요도를 보면, 정점 1에서는 동계에 구멍갈파래(18.9), 둥근돌김(12.8), 춘계에는 구멍갈파래(23.1), 참보라색우무(18.8), 하계에는 구멍갈파래(41.3), 작은구슬산호말(15.3), 추계에는 구멍갈파래(22.2), 참보라색우무(19.2)로 나타났다. 정점 2에서는 동계에 매끈이 고리매(23.4), 구멍갈파래(11.4)이, 춘계에는 구멍갈파래(41.5), 참보라색우무(10.5), 하계에는 작은구슬산호말(46.5), 구멍갈파래(18.9), 추계에는 작은구슬산호말(29.2), 개서실(18.5), 정점 3은 동계에는 잎갈파래(34.0), 구멍갈파래(31.2)이, 춘계에는 구멍갈파래(60.5), 잎갈파래(14.7), 하계에는 잎갈파래(63.1), 구멍갈파래(30.1), 추계에는 구멍갈파래(48.3), 잎갈파래(45.8)로 나타났다. 정점 4는 동계에는 방사무늬김(24.1), 둥근돌김(19.4), 춘계에는 구멍갈파래(45.1), 지충이(23.6), 하계에는 잎갈파래(49.7), 구멍갈파래(26.3), 추계에는 구멍갈파래(77.4), 지충이(6.4)로 나타났다. 모든 정점에서 구멍갈파래가 우점종으로 나타났으며, 정점 3의 경우에는 구멍갈파래가 계절에 상관없이 30.0 이상으로 높은 우점율을 보였다. 정점 별 우점종의 종수는 정점 1이 가장 풍부 하였으며, 정점 3이 상대적으로 빈약하였다.

3-5. 수직분포

조사지역의 해조류 수직 분포는 정점별, 계절별로 다른 양상을 보였다. 정점 1의 상부에서는 춘계에 불등풀가사리(*Gloiopeltis furcata*)가 우점해서 출현한 것을 제외하고, 모든 계절 동안 구멍갈파래가 우점해서 나타났다. 중부에서는 동계에 까막살, 춘계와 하계에는 구멍갈파래, 추계에는 지충이가 우점하여 나타났다. 하부에는 춘계와 추계에 참보라색우무가 군집을 형성하여 넓게 분포하였다. 정점 2의 해조 군집은 상부에 동계 동안 매끈이고리매가 비교적 넓게 분포 하였고, 춘계와 동계 동안에는 구멍갈파래가 나타났다. 그리고 추계에는 애기가시덤불(*Caulacanthus ustulatus*)이 넓게 분포하였다. 중부에는 동계와 추계에 개서실의 출현이 비교적 많았으며, 춘계에는 구멍갈파래, 하계에는 작은구슬산호말의 분포가 넓었다. 하부에서는 동계에 마디잘록이, 춘계에는 부챗살이 우점하였다. 그리고 하계와 추계동안 작은구슬산호말이 널리 분포하여 나타났다. 정점 3의 상부는 계절에 상관없이 잎갈파래가 계속적으로 우점하여 나타났으며, 중부에서 동계 동안 개서실의 비교적 많이 출현한 것을 제외하고는 춘계, 하계 그리고 추계 동안 구멍갈파래의 우점이 높았다. 하부에서 또한 구멍갈파래의 출현이 비교적 높았다. 정점 4는 상부에서 동계에 방사무늬김의 우점이 높았으며, 춘계와 추계에는 구멍갈파래, 하계에는 잎갈파래의 출현이 높았다. 중부에서는 동계에서 둥근돌김(*Porphyra suborbiculata*)이 넓게 분포하였으며, 춘계에는 지충이, 하계에는 잎갈파래 그리고 추계에는 구멍갈파래의 우점이 비교적 높았다. 하부에서는 동계에 우뭇가사리(*Gelidium amansii*)의 우점이 높았던 것을 제외한 춘계, 하계 그리고 추계에 모두 구멍갈파래의 출현빈도가 높게 나타났다(Table 4).

Table 3. Seasonal abundance(%), biomass(dry weight g m^{-2}) and important value(IV) of the major algal species(IV > 5.0) estimated in this study

Season	Species	Site												Mean biomass
		1			2			3			4			
		A.	B.	IV	A.	B.	IV	A.	B.	IV	A.	B.	IV	
Winter	*Ulva pertusa*	3.6	12.1	18.9	5.2	8.3	11.4	6.8	35.6	31.2	0.7	5.8	7.1	
	Ulva linza	1.6	1.1	7.7	1.5	1.7	7.1	9.3	35.5	34.0				
	Sargassum horneri	1.2	33.8	7.4										
	Porphyra suborbiculata	2.7	1.5	12.8							5.3	2.1	19.4	
	Chondria crassicaulis	2.0	19.1	11.3	2.1	15.7	5.5	4.7	36.6	19.4				
	Polyopes affinis	1.0	17.0	6.7										
	Scytosiphon canaliculatus				10.7	20.9	23.4							
	Lomentaria catenata				2.5	37.9	8.1							
	Acrosorium polyneurum				1.6	20.2	6.3							
	Corallina pilulifera				1.3	61.4	6.0							
	Porphyra yezoensis										7.3	8.3	24.1	
	Monostroma nitidum										1.7	2.4	9.9	
	Gelidium amansii										2.2	22.7	9.4	
	Total	12.1	84.6		24.9	166.0		20.8	107.8		17.1	41.4		100.0

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

Season	Species	Site												Mean biomass
		1			2			3			4			
		A.	B.	IV	A.	B.	IV	A.	B.	IV	A.	B.	IV	
Spring	*Ulva pertusa*	9.2	37.2	23.1	20.9	57.9	41.6	27.9	116.2	60.5	18.6	61.6	45.1	
	Ulva linza	3.5	5.9	7.6				8.3	11.1	14.7	3.5	7.3	9.0	
	Sargassum thunbergii	2.2	63.1	6.0							8.9	306.5	19.2	
	Sargassum fusiforme										2.5	27.9	5.8	
	Chondria crassicaulis				1.6	18.6	5.1	2.7	21.2	7.4				
	Corallina pilulifera				3.5	136.3	10.5							
	Ahnfeltiopsis flabelliformis				4.5	58.0	9.2							
	Symphyocladia latiuscula	9.2	85.5	18.8										
	Gloiopeltis furcata	2.2	8.5	8.8										
	Lomentaria hakodatensis	2.6	30.2	6.5										
	Total	28.9	230.5		30.4	270.8		38.9	148.4		33.4	403.4		263.3
Summer	*Ulva pertusa*	15.8	75.6	41.3	2.8	23.1	18.9	4.1	17.7	30.1	5.3	57.8	26.2	
	Ulva linza							17.2	32.4	63.1	14.7	33.6	49.7	
	Sargassum thunbergii	`			0.9	82.0	6.2				3.0	42.1	7.6	
	Corallina pilulifera	4.6	151.4	15.3	10.9	290.4	46.5							
	Chondria crassicaulis				0.8	11.1	7.4				1.7	15.4	7.3	
	Symphyocladia latiuscula	2.7	51.9	7.3										
	Polyopes affinis	2.0	20.3	6.0										
	Total	20.3	299.2		15.4	406.5		21.3	50.1		24.6	148.9		226.2

Season	Species	Site												Mean biomass
		1			2			3			4			
		A.	B.	IV	A.	B.	IV	A.	B.	IV	A.	B.	IV	
Autumn	*Ulva pertusa*	9.2	27.2	22.2				32.4	72.2	48.3	22.1	58.7	77.4	
	Ulva linza							29.9	96.9	45.8				
	Sargassum thunbergii				4.3	111.0	16.4							
	Chondria crassicaulis				4.7	30.0	18.5							
	Corallina pilulifera	1.9	71.7	9.4	8.8	136.2	29.2							
	Symphyocladia latiuscula	8.6	86.8	19.2	1.8	12.5	8.3							
	Laurencia pinnata	3.8	13.1	9.4										
	Dictyopteris prolifera	2.1	12.5	5.3										
	Caulacanthus ustulatus				1.8	4.4	6.7							
	Sargassum fusiforme										1.7	9.1	6.4	
	Total	25.6	211.3		21.4	294.2		62.3	169.2		23.8	67.8		185.6
	Mean	21.7	206.4		23.0	284.4		35.8	118.9		24.7	165.4		193.8

A., Abundance; B., Biomass

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

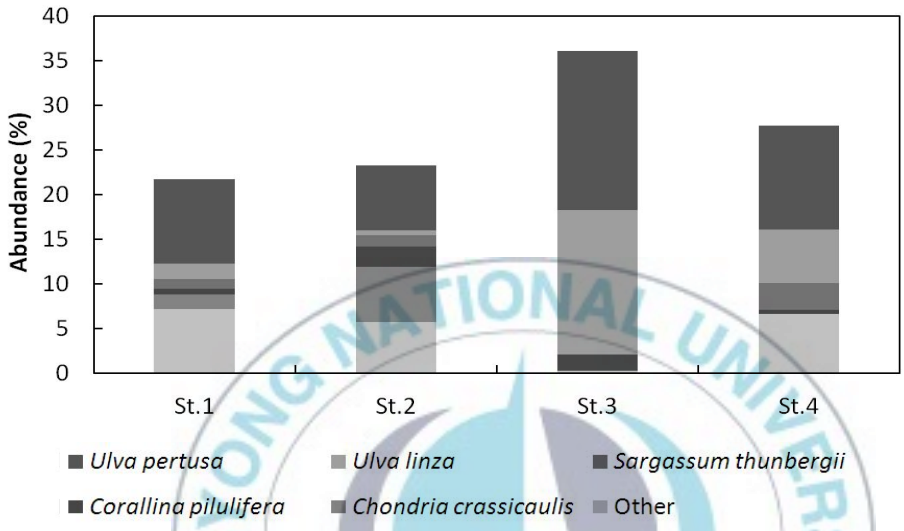


Fig. 8. Annual mean abundance (%) of dominant species (IV>5.0) at each sampling station for this study.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

Table 4. Vertical distribution of marine algal community at each station examined in this study

Site		Month			
		Feb.	May	Aug.	Oct.
St. 1	Upper	*Ulva pertusa*	*Gloiopeltis furcata*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*
	Middle	*Polyopes affinis*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*	*Sargassum thunbergii*
	Lower	*Chondria crassicaulis*	*Symphyocladia latiuscula*	*Corallina pilulifera*	*Symphyocladia latiuscula*
St. 2	Upper	*Scytosiphon canaliculatus*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*	*Caulacanthus ustulatus*
	Middle	*Chondria crassicaulis*	*Ulva pertusa*	*Corallina pilulifera*	*Chondria crassicaulis*
	Lower	*Lomentaria catenata*	*Ahnfeltiopsis flabelliformis*	*Corallina pilulifera*	*Corallina pilulifera*
St. 3	Upper	*Ulva linza*	*Ulva linza*	*Ulva linza*	*Ulva linza*
	Middle	*Chondria crassicaulis*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*
	Lower	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*
St. 4	Upper	*Porphyra yezoensis*	*Ulva pertusa*	*Ulva linza*	*Ulva pertusa*
	Middle	*Porphyra suborbiculata*	*Sargassum thunbergii*	*Ulva linza*	*Ulva pertusa*
	Lower	*Gelidium amansii*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*	*Ulva pertusa*

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

3-6. 해조군집과 환경요인과의 관계

해조류 군집과 해양환경요인간의 상관관계를 살펴 보기 위해서 Yang *et al.* (2001) 에 따라 연안지역과 하구지역에서 비교적 큰 차이를 보이는 환경요인으로 염분과 영양염류(암모니아, 질산염, 인)을 선정하였다. 특히 조사기간 중 풍수기에 염분(p<0.001)과 인산염(p<0.001)은 연안지역과 하구지역 간에 상당한 차이를 보였다. 그 후 계절별, 정점별로 조사된 해조류의 평균 피도와 평균 생물량의 환경요인 간 상관관계를 분석하였다.

전체 해조류 피도와 염분은 유의한 음의 상관관계를 보였다(p<0.001, r=-0.859). 암모니아는 전체 해조류 평균 피도와 유의한 양의 상관관계를 나타냈으며(p<0.05, r=0.554), 인산염(p<0.05, r=0.580), 질산염(p<0.05, r=0.730) 또한 전체 해조류 평균 피도와 유의한 양의 상관관계를 나타냈다(Table 5; Fig. 9). 반면 전체 해조류의 평균 생물량과 환경요인간의 상관관계를 분석해본 결과, 염분(p>0.05 ,r=0.104), 암모니아(p>0.05, r=0.096), 질산염(p>0.05, r=-0.105) 그리고 인산염(p>0.05, r=-0.348)은 전체 해조류의 생물량과 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 5; Fig. 10).

이번 연구 지역에서는 갈파래류인 구멍갈파래과 잎갈파래가 대부분의 정점에서 IV>5.0으로 비교적 높은 우점도를 유지하였으며(Table 3), Fig. 8을 통해 정점 3과 정점 4에서 구멍갈파래와 잎갈파래의 피도가 다른 종들에 비해 높게 나타남을 확인하였고, 이를 통해 전체 해조류 중에서 구멍갈파래와 잎갈파래만을 갈파래류(*Ulva*)로 그룹지었다. 그 후 갈파래류의 계절별 그리고 정점별 평균 피도와 생물량을 환경요인의 상관관계를 분석한 결과, 갈파래류의 평균 피도와 염분은 유의한 음의 상관관계를 보였다(p<0.05, r=-0.588). 암모니아는 갈파래류의 평균 피도와 유의한 양의 상관관계를 나타냈으며(p<0.05, r=0.545), 질산염(p<0.05, r=0.528) 또한 갈파래류의 평균 피도와 유의한 양의 상관관계를 나타냈다(Table 5; Fig. 11). 반면 갈파래류의 생

물량과 환경요인간의 상관관계를 분석해본 결과, 염분(p>0.05, r=-0.440), 암모니아(p>0.05, r=0.479), 질산염(p>0.05, r=0.355) 그리고 인산염(p>0.05, r=-0.004)은 갈파래류의 생물량과 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 5; Fig. 12).

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Table 5. Pearson correlation coefficient between biotic variables (Macroalgal mean abundance (%), Macroalgal mean biomass (g dry wt m^{-2}), *Ulva* mean abundance (%), *Ulva* mean biomass (g dry wt m^{-2})) and envrinmental variables (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study

		Pearson Correlation coefficients			
		Macroalgal mean abundance	Macroalgal mean biomass	*Ulva* mean abundance	*Ulva* mean biomass
	n	r	r	r	r
Salinity	15	-0.859**	0.104	-0.588*	-0.44
NH_4(uM)	15	0.554*	0.096	0.545*	0.479
NO_3(uM)	15	0.73*	-0.105	0.528*	0.355
PO_4(uM)	15	0.58*	-0.348	0.252*	-0.004

*, $p<0.05$; **, $p<0.001$

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

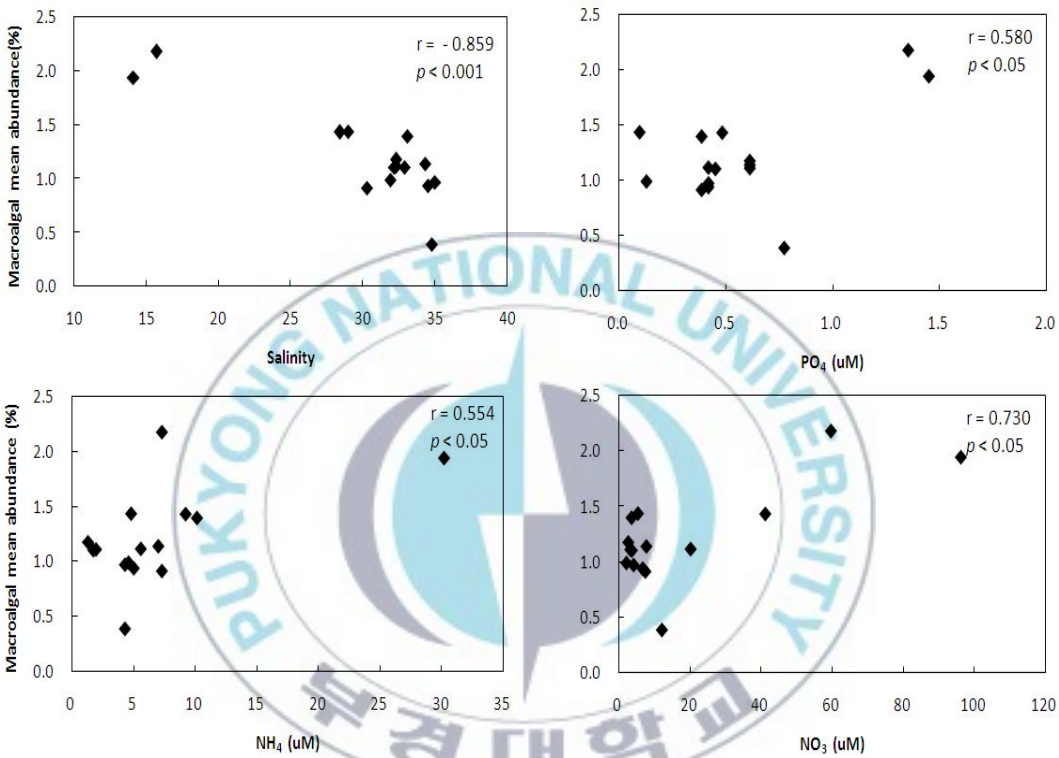


Fig. 9. Relationship between macroalgal mean abundance (%) and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study.

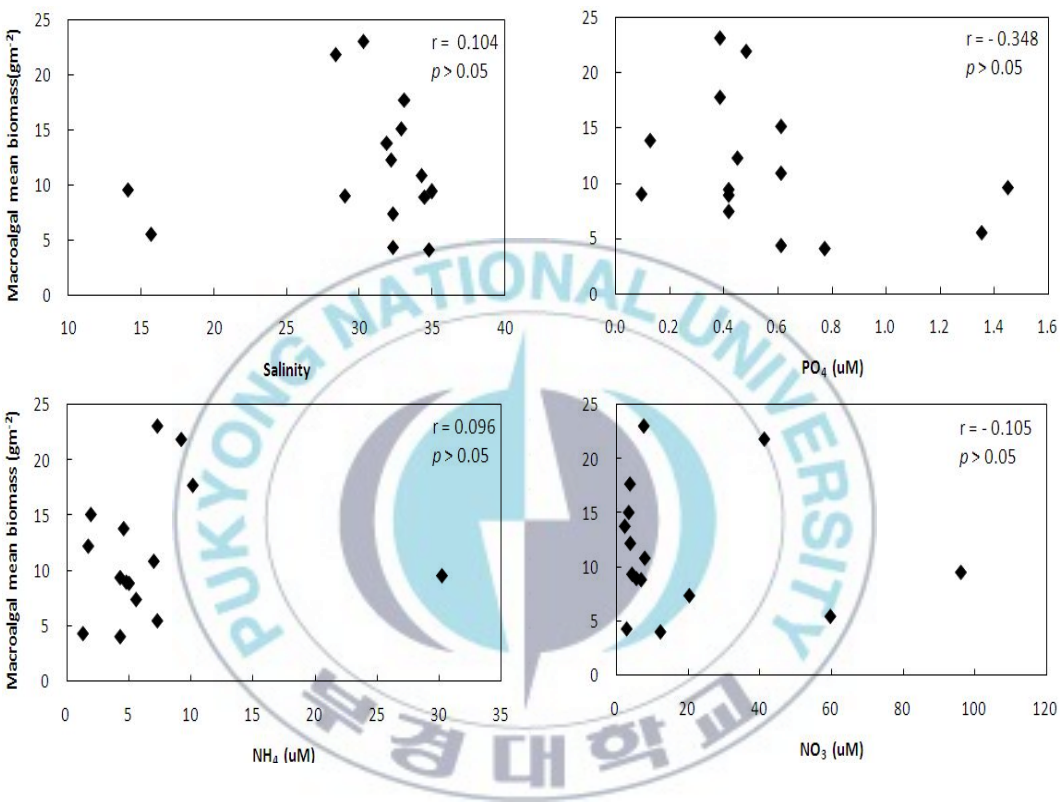


Fig. 10. Relationship between macroalgal mean biomass (g dry wt m^{-2}) and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study.

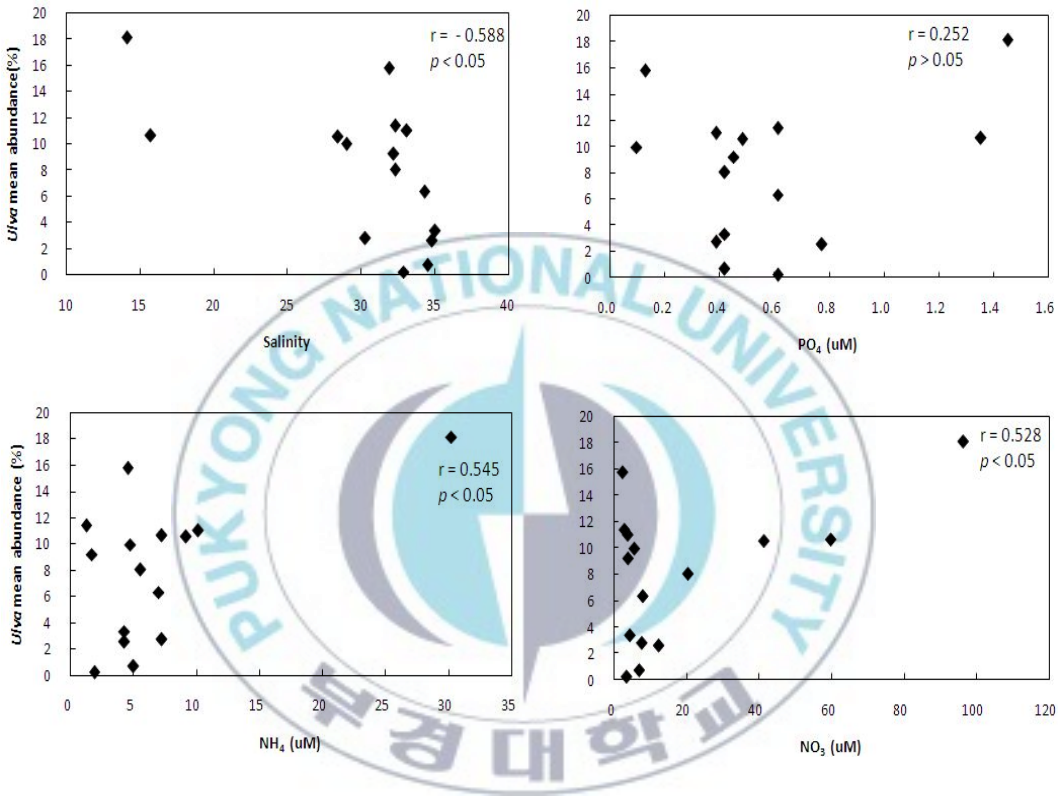


Fig. 11. Relationship between mean abundance of *Ulva* group and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station for this study.

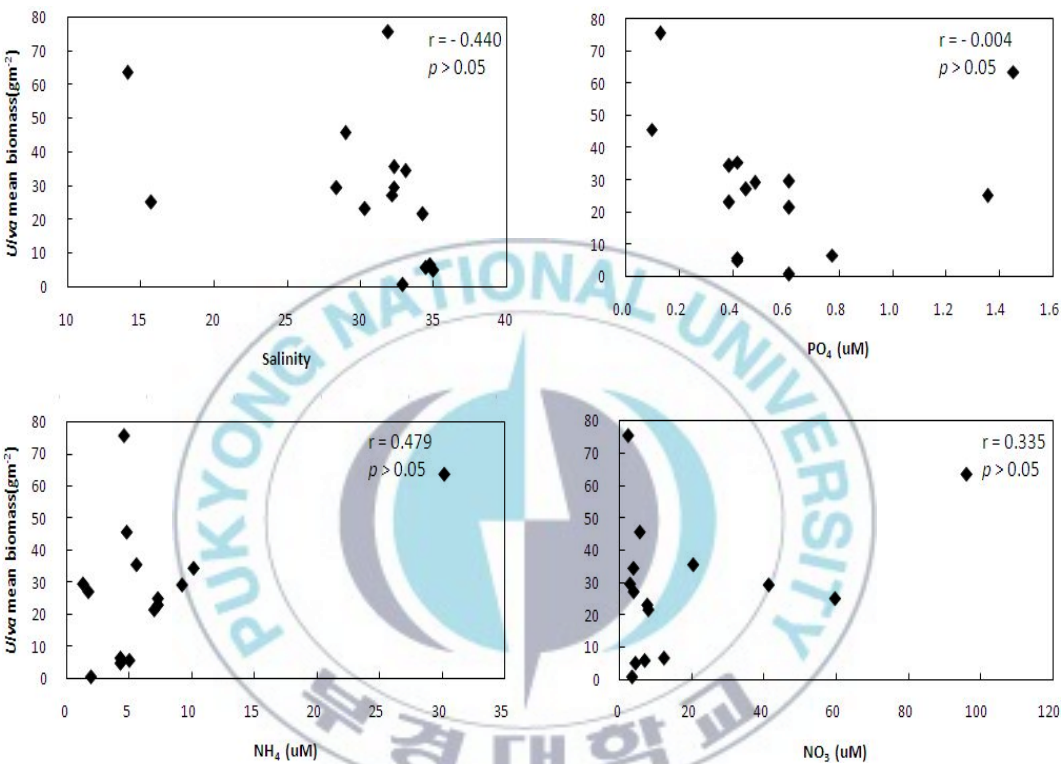
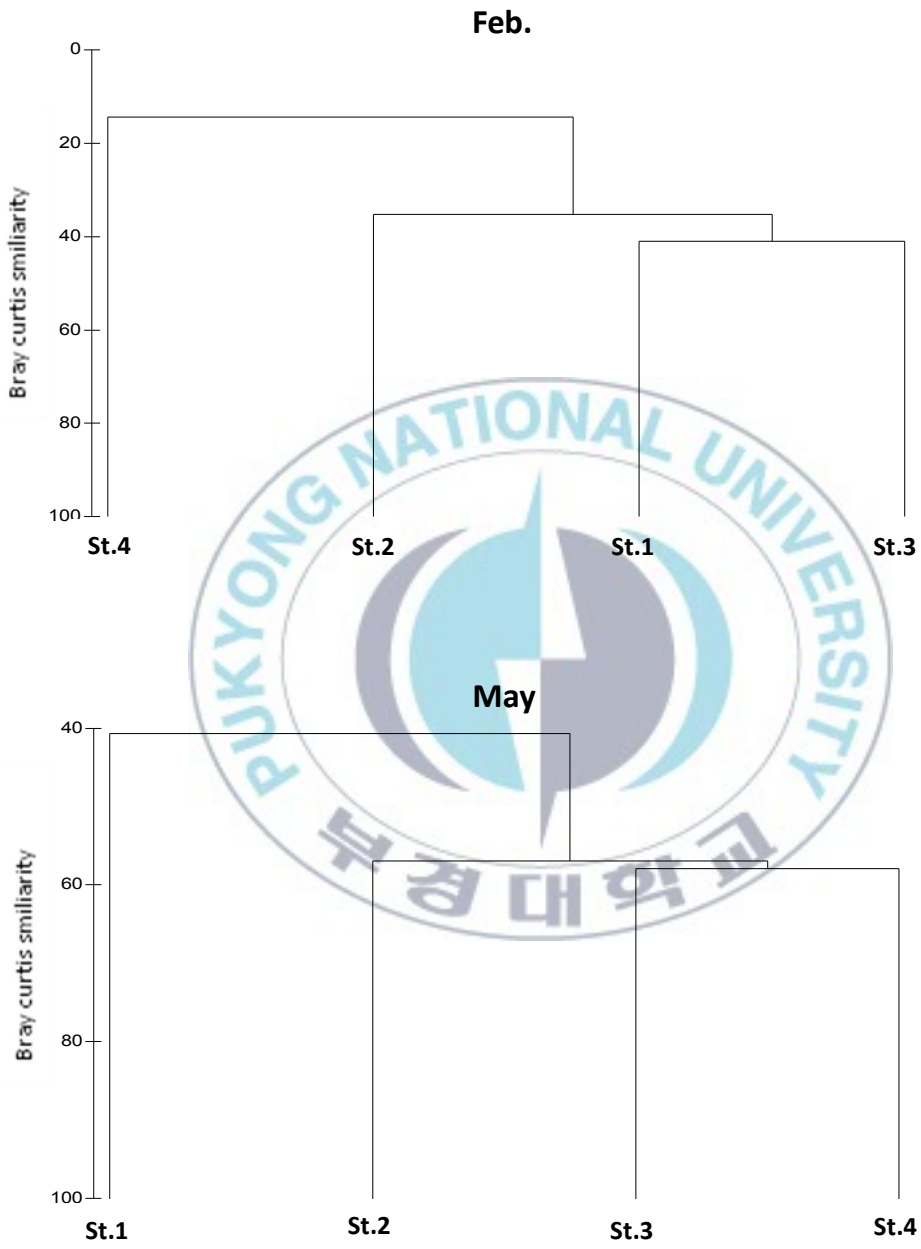


Fig. 12. Relationship between mean biomass of *Ulva* group and environmental factors (salinity, nutrients (ammonia, nitrates, phosphates)) at each sampling station in for this study.

3-7. 집괴분석

유사도에 근거한 계절별 정점 간의 집괴분석 결과 동계에는 유사도 40% 수준에서 정점 1, 2 그리고 정점 3이 한 그룹으로 묶였으며, 정점 4는 별개의 그룹으로 구분 되었다. 춘계에는 유사도 60% 수준에서 정점 2, 3 그리고 4가 한 그룹으로 묶이고, 정점 3은 별개의 그룹으로 구분 되어진다. 하계에는 비교적 높은 80%의 유사도 수준에서 정점 3과 4가 한 그룹으로 묶여지고, 유사도 40%수준에서 정점 1과 2가 한 그룹으로 묶여진다. 추계에는 다시 유사도 30% 수준에서 정점 1, 3그리고 4가 한 그룹으로 묶이고, 정점 2가 별개의 그룹으로 묶여진다(Fig. 13).

해조류의 정점별 평균 피도를 이용하여 산출한 종다양성지수(H')값은 정점 1에서 1.83~2.47로 4개의 정점 중 가장 높았고, 계절 중 하계에 1.83으로 가장 낮은 값을 나타냈으며, 동계에 2.47로 높게 나타났다, 정점 2에서는 1.51~2.45로 정점 1에 비하여 다소 낮았지만 큰 차이가 없었다. 정점 2 또한 하계에 1.51로 계절 중 가장 낮은 값을 보였으며, 동계에 2.45로 높은 값을 나타냈다. 반면 정점 3에서는 0.62~1.38로 4개의 정점 중 가장 낮은 값을 보였다. 그러나 정점 1, 2와 마찬가지로 계절 중 하계에 0.62로 가장 낮은 종 다양성 지수를 보였으며, 동계에 1.38로 비교적 높게 나타났다. 정점 4에서 종다양성 지수는 0.67~2.1 였다. 정점 4는 정점 1, 2 그리고 정점 3과는 달리 계절 중 추계에 가장 낮은 0.67의 종 다양성지수를 보였지만, 동계에 2.15로 계절 중 가장 높은 2.15의 종 다양성 지수를 나타냈다(Fig. 14).


Feb.
Bray curtis smiliarity
0
20
40
60
80
100
St.4
St.2
St.1
St.3
May
Bray curtis smiliarity
40
60
80
100
St.1
St.2
St.3
St.4

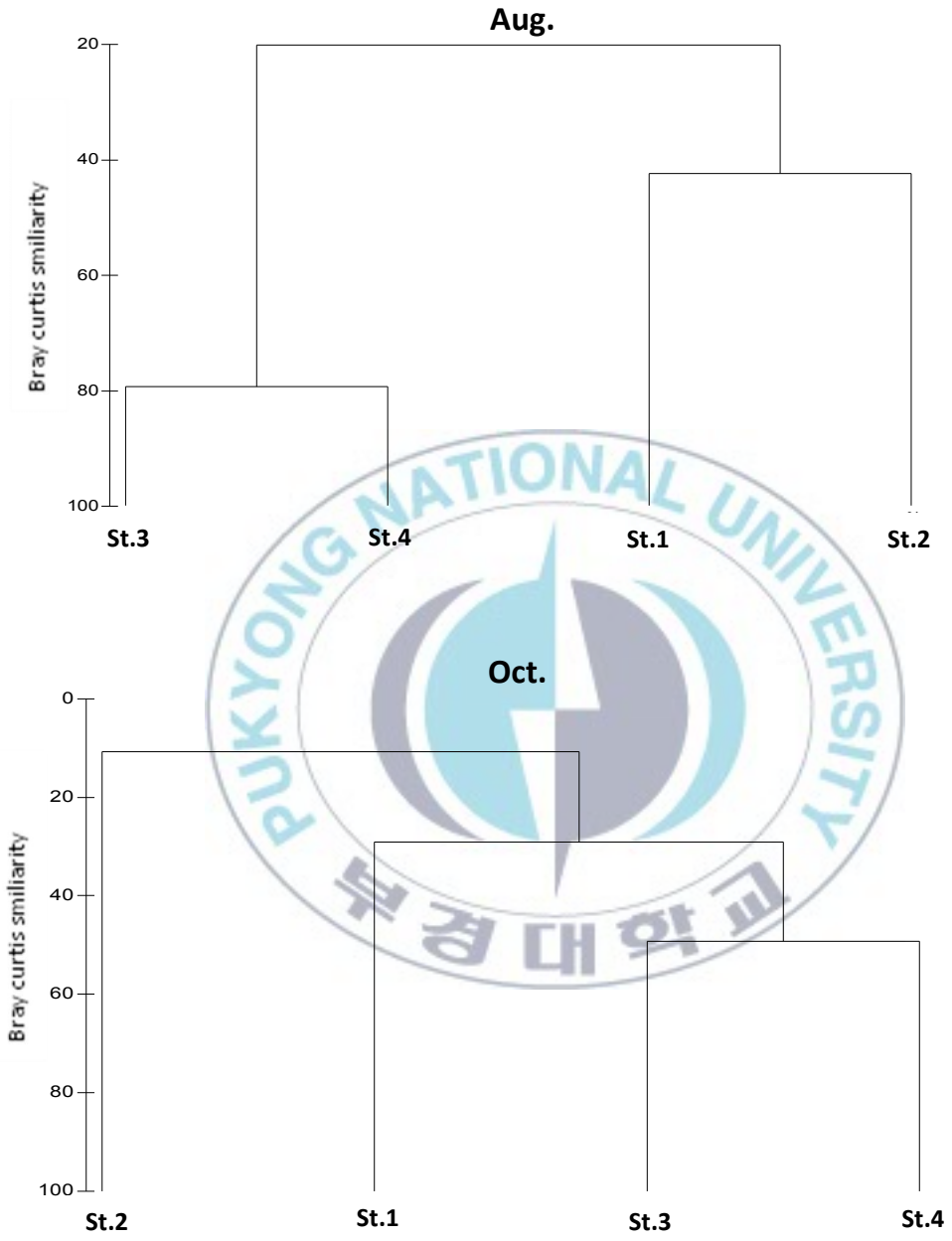


Fig. 13. A dendrogram produced by cluster analysis at each sampling station for this study.

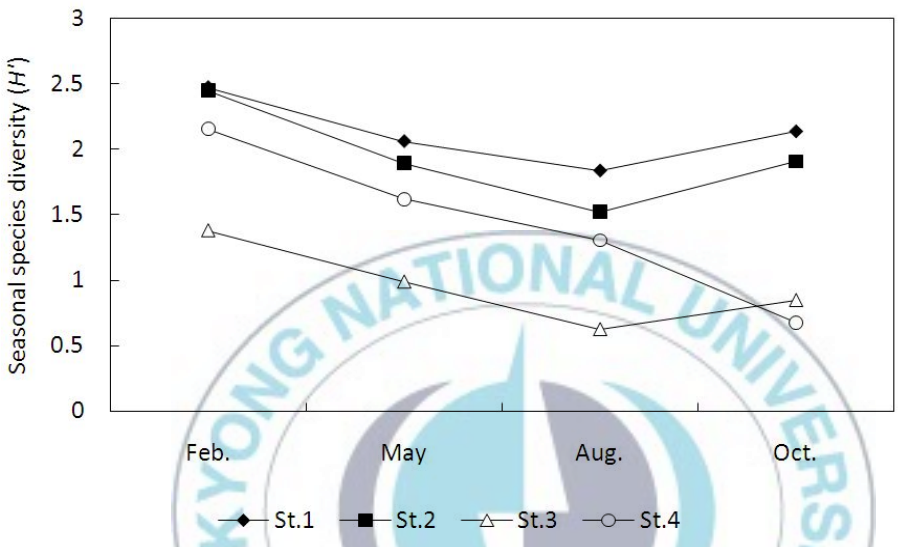


Fig. 14. Seasonal variations of species diversity (H') at each sampling station for this study.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4. 고 찰

본 연구에서 관찰된 부산의 해조류 총 출현종 수는 78종으로 과거 이 지역 내의 조사 중 영도(Choi 2007), 용호동(Nam and Kim 1999), 동백섬(Lee and Kang 1971; Yoo 2003), 기장(Lee *et al.* 1984; Choi 2010) 그리고 일광만(Kang *et al.*, 2008)의 연구보다 종 수가 적게 출현하는 것으로 나타났다(Table 6). 2000년대 이후 부산의 인근 해조류 출현 종 수가 점차 감소하는 경향이 나타나는데, 이는 Choi *et al.*(2002, 2007)과 Kang *et al.*(2008)의 연구 결과에서도 언급된 바와 같이 인근 해역 개발 사업에 따른 연안 오염에 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Table 6. Comparison of marine algal species number and biomass investigated in Busan area, Korea

Site	Number of species	Biomass ($g\ m^{-2}$)	References
Youngdo	69	nd	Choi(2007)
Yongho-dong	96	1,241-1,648(W)	Nam and Kim(1999)
Dongbaekseom	82	nd	Yoo(2003a)
Kijang-intertidal zone	127	242-262(D)	Lee et al.(1984)
Kijang-subtidal zone	59	850(W)	Choi et al.(2010)
Ilkwang	103	478(W)	Kang et al.(2008)
Gadeokdo (W)	43	165(D)	This study
Gadeokdo (E)	32	119(D)	This study
Morundae	48	284(D)	This study
Kijang	55	206(D)	This study

nd, no data; D, dry weight; W, wet weight; Gadeokdo (W), Gadeokdo west; Gadeokdo (E), Gadeokdo east

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4개의 조사정점별 연평균 해조류의 생물량은 120~280g dry weight m^{-2}의 범위로서 전체의 연평균 생물량은 193.8g dry weight m^{-2}로 나타났다. 이는 일광의 약 95.7g dry weight m^{-2}(Kang *et al.* 2008), 기장의 242~262 g dry weight m^{-2}(Lee *et al.* 1984) 과 비슷한 값이다(Table 3). 갈조류 중 모자반류 그리고 석회질로 이루어진 산호말류는 다른 종들에 비해 높은 생물량을 보이는데(Choi and Park 2009), 연구 기간 동안 Table 3에서 보여지듯이 모자반류인 지충이 그리고 산호말류인 작은구슬산호말이 지속적으로 출현하며, 높은 우점율을 보였다. 그 결과 종 수의 감소에도 불구하고 생물량은 비슷하게 유지된 것으로 사료된다.

일반적으로 해조류의 종조성은 크게 연안지역과 하구지역에 따라 구별되는 패턴을 보이는데(Wilkinson *et al.* 1995), 계절에 상관없이 외양수의 영향만을 받는 연안지역에 위치한 정점 1은 가장 많은 55종이 나타났다. 다음으로 정점 2에서 48종, 정점 4에서 43종이 조사되었다. 반면 낙동강 하구에 위치해 담수의 영향을 항상 받는 정점 3은 가장 적은 32종이 나타났다. 그리고 연안지역의 정점에서 분류문별 종수는 홍조류, 갈조류, 녹조류의 순으로 나타남으로써 Kang(1966) 및 Wilkinson *et al.* (2007)의 결과와 유사하였다. 하지만 낙동강 하구에 위치한 정점 3은 홍조류, 녹조류, 갈조류 순으로 나타났으며, 갈조류의 출현 비율이 정점 1은 18.2%, 정점 2는 20.8%, 정점 4는 25.6%인데에 비해 정점 3의 경우에는 6.5%로 가장 낮았다. 이러한 결과는 하천 담수의 영향을 받는 지역에서는 갈조류의 출현 비율이 낮고 대신에 녹조류가 우점한다고 보고한 Kang *et al.*(2008)의 결과와 그 경향을 같이 한다고 볼 수 있다.

이 연구를 통하여 밝혀진 각 정점별 단위면적당 평균 해조류 생물량은 정점 2에서 284.4g m^{-2}으로 다른 정점에 비해 가장 높은 값을 보였으며, 다음으로 정점 1에서 206.4g m^{-2}을, 정점 4는 165.4g m^{-2}으로 나타났다. 낙동강 하구로부터 항상 담수의 영향을 받는 정점 3은 118.9g m^{-2}으로 비교적 낮은 생물량을 보였다. 해조류 군집의 연평균 피도값을 살펴보면 정점 1에서는 21.7%, 정점 2는 23% 그리고 정점 4는 24.7%로 나타났다. 낙동강 하구지역에 위치한 정점 3은 35.8%로 비교적 높은 피

도값을 보였다(Table 3). 이와 같이 정점 3과 정점 4는 정점 1,2에 비하여 해조류의 총 피도가 비교적 높게 나타남에도 불구하고 생물량이 낮게 나타났는데, 이는 정점 3과 정점4가 낮은 생물량의 엽상형 구멍갈파래와 잎갈파래에 의하여 우점되었기 때문으로 사료된다(Fig.8).

이처럼 담수의 유입으로 폭 넓은 염분과 영양염류의 변동과 함께 비교적 높은 수준의 영양염 농도가 유지되는 지역에서의 녹조류의 번무현상은 널리 알려진 사실이다(Wilkinson *et al.* 2007; Teichberg *et al.* 2010; Liu *et al.* 2007; Sugimoto *et al.* 2007). 이런 현상은 종 다양성 지수를 통해서도 확인할 수 있었다(Fig.14). 해조류의 피도를 이용하여 산출한 종다양성지수(H')값은 정점 1에서 1.83~2.47로 4개 정점 중 가장 높았고, 정점 2에서는 1.51-2.45로 정점 1에 비하여 다소 낮았지만 주목 할 만한 차이는 아니었다. 반면 정점 3에서는 0.62~1.38로 낮은 값을 보였으며, 정점 4 또한 0.67~2.15로 비교적 낮은 값을 나타냈다. 이는 담수의 유입에 대한 노출이 가장 큰 정점 3과 계절에 따라 담수의 영향을 받고, 폐쇄성이 강한 내만으로 부영양화가 나타나는(Hong *et al.* 1991) 정점 4에서 소수 종에 의한 우점이 다른 정점들이 비해 비교적 높다는 것을 의미한다.

이러한 정점별 해조류의 종조성, 피도 차이는 환경요인에 의해 기인한다. Josselyn(1985)은 염분이 해조류의 종조성과 피도를 결정하는 주요 요인이며, 염분 농도에 따라 다른 해조상을 보인다고 언급하였다. 이번 조사 지역에서 보고된 전체 해조류 군집 피도는 염분과 유의한 음의 상관관계를 나타냈으며, 영양염류(암모니아, 질산염, 인산염)에서는 유의한 양의 상관관계를 보였다(Fig.9). 이러한 상관성은 앞서 언급한 녹조류의 번무와 연관이 있는데, 일반적으로 이들 번무의 주요 종으로는 창자갈파래, 구멍갈파래, 참갈파래와 같은 갈파래류가 알려져 있다(Kamer and Fong 2000; Martins *et al.* 1999; Taylor *et al.* 2008; Ballesteros *et al.* 2007). 본 연구에서는 가장 높은 식피를 점유하는 구멍갈파래와 잎갈파래를 대상으로 염분과 영양염류의 상관관계를 구하였다. 그 결과 이들의 피도는 염분과는 유의한 음의

상관관계를, 영양염류 중 질소계와는 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다(Fig. 11). 이것은 Kim *et al.* (2001)에 의해서도 언급되어진 것과 같이 갈파래류는 비교적 높은 영양염류 수준과 낮은 염분농도에서도 잘 적응되어 있어서 정점 3과 정점 4에서 높은 피도율을 보일 수 있었다고 판단된다.

유사도에 근거한 계절별 정점 간의 집괴분석 결과 중 유사도 50% 이상의 결과만을 살펴 보면 춘계에는 유사도 60% 수준에서 정점 2, 3 그리고 4가 한 그룹으로 묶이고, 정점 1은 별개의 그룹으로 구분 되어졌다. 그리고 하계에는 비교적 높은 80%의 유사도 수준에서 정점 3과 4가 한 그룹으로 묶여지고, 유사도 40%수준에서 정점 1과 2가 한 그룹으로 묶여지며, 두 그룹 간의 유사도는 20% 수준으로 비교적 낮게 나타났다. 이는 Kim *et al.*(1999)이 언급한 것과 같이 낙동강 하구의 담수의 유입에 영향을 주는 하구둑의 방류량이 춘계에서 하계로 갈수록 많아지는데 정점 2와 정점 4는 이러한 증가되는 담수 방수량의 영향으로 생각된다. 그리고 하계에 정점 3과 정점 4과 비교적 높은 유사도를 보이는 것은 낙동강 하구로 북상하는 해류의 영향으로 서편의 가덕도 방향으로 편향하는 낙동강 유출수(Jang 2006)의 영향으로 보인다

담수에 영향을 주는 방류량은 강우량과 밀접한 상관관계를 가진다. Park *et al.*(2008)은 낙동강 하구둑의 방류량을 11년간 월별로 조사한 결과 강우량이 많고 증발량이 적은 경우 방류량이 증가한다고 보고하였다. 이러한 강우량의 증가는 염분과 영양염류와 같은 환경요인과 상관관계를 보이며(Martins *et al.* 2001; Lillebo *et al.* 2005), 이번 연구에서도 강우량과 이러한 환경요인과의 상관관계를 확인할 수 있었다(Fig. 15). 염분 자료는 2003년에서 2008년간 계절별로 측정된 자료로 계절에 따라 그 변화가 나타나는 정점 2, 정점 3 그리고 정점 4와 가장 인접한 지역에서 조사되었으며, 강우량은 5년간의 계절별 평균 자료를 사용하였다. 이를 비교 분석 한 결과 염분은 강우량에 유의한 음의 상관관계를 보였다.

Lillebo *et al.*(2005)는 염분과 영양염류(암모니아, 질산염, 아질산염, 인)는 서로 반비례한 관계를 가진다고 언급하였다. 이번 연구 기간 중 5월에는 월평균 강우량 170mm로 8월(110mm)보다 다소 높은 강우량을 보였으며(Fig. 16), 연구 기간 동안 하구에 영향을 받는 지역에서 직접 측정한 염분은 8월 보다 5월에 낮게(Fig. 3) 그리고 영양염류(암모니아, 질산염, 인삼염)는 8월 보다 5월에 비교적 높게 관측되어(Fig. 4), 염분과 영양염의 반비례 관계를 확인할 수 있었다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

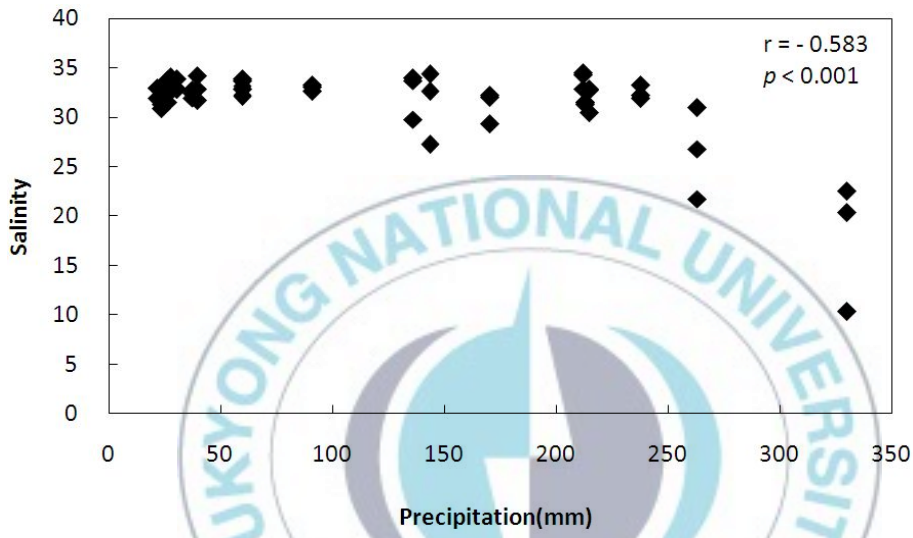


Fig. 15. Relationship between salinity and seasonal mean precipitation based on data of areas adjacent to group II (station 3 and station 4) between February 2003 and November 2008 (Data from NFRDI, www.nfrdi.re.kr; www.kma.go.kr)

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

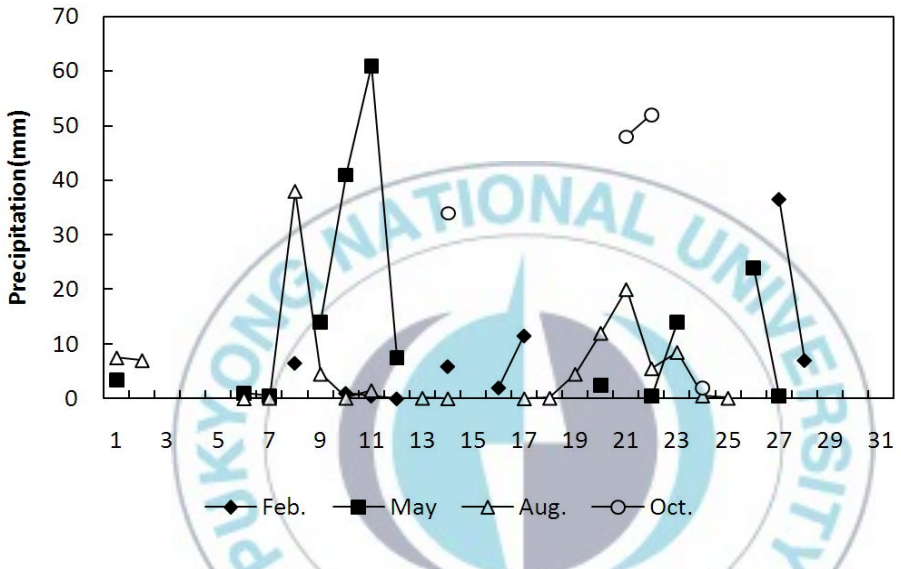


Fig. 16. Precipitation in Busan, Korea during sampling period.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

결론적으로, 부산연안의 해조 식생은 이전의 연구에 비해 종 수는 대체적으로 감소했으나 갈파래의 번무와 생물량이 비교적 높은 모자반류와 산호말류가 우점함으로써 생산량은 크게 낮아지지 않았다.

해조류의 군집 구조는 크게 하구지역과 연안지역에 따라 출현 종수, 피도, 생물량, 우점종, 다양도 지수에 의해 구분할 수 있다. 낙동강 하구지역의 해조류 군집은 연안지역과 달리 갈조류에 비해 녹조류의 출현비율이 높으나 종 다양도는 낮다. 그럼에도 불구하고 비교적 높은 연평균 피도가 관측되는 것은 비교적 낮은 생물량의 엽상형 구멍갈파래 및 잎갈파래와 같은 녹조류의 번무에 기인한다. 가덕도 동쪽 해안에 위치한 정점 3과 진해만의 부영양화된 수괴 영향과 춘계에서부터 하계동안 담수의 유입이 나타나는 연안지역의 정점 4도 외양수의 영향이 높은 연안지역들과는 달리 하구지역과 유사하게 갈파래류의 번무 현상이 관찰되었다. 이는 이 지역의 해조 식피가 주로 염분과 영양염류에 중요하게 영향을 받고 있음을 의미한다고 볼 수 있다.

따라서 본 조사 지역에서 해조류 군집의 시공간적 변화는 염분과 염양염의 농도에 영향을 주는 강우량과 담수의 유출량에 의해 조절되는 것으로 판단된다. 그리고 연안 지역은 다양한 환경 요인들에 의해 영향을 받는 복잡한 지역인 만큼 계절에 따라 변동하는 물리, 화학, 생물학적 제한요인들과 인접 지역으로 부하되는 인위적인 해양오염 등에 의해 해조류 군집 구조가 크게 영향을 받을 수 있는 것으로 생각된다.

5. 감사의 글

석사 학위 과정을 무사히 마치게 되어 기쁘고 감사드립니다. 무엇보다도 석사과정 내내 스스로 공부하는 법을 가르쳐 주시고, 따뜻한 조언으로 지도해 주신 남기완 교수님께 감사드립니다. 끊임없는 격려와 아낌없는 조언을 주신 국립수산과학원에 윤석현, 황재동 박사님과 서영상 과장님에게도 깊은 감사드립니다. 또한 따뜻한 관심과 가르침을 주신 오철웅 교수님과 박원규 교수님께 감사의 말씀을 전합니다. 또한 유명숙, 김수암, 김진구, 김현우 교수님께도 짧게나마 감사의 마음을 전합니다.

석사과정 내내 큰 배려와 따뜻한 조언을 주신 국립수산과학원에 안지숙, 정미희, 박명희, 이혜은, 한창훈 박사님께 감사의 말씀을 전합니다. 그리고 저의 논문을 위해 생소한 분야 임에도 불구하고 저를 믿고 기꺼이 채집을 나가준 오광석, 김영주, 박철우, 정현교 연구원에게도 감사드립니다. 또한 제가 연구실을 비운 동안 제 일을 서포터 해준 김재근 연구원에게도 고마운 마음을 전합니다.

항상 옆에서 큰 힘이 되어주시고, 아낌없는 도움을 주신 조류학 연구실의 강필준 선배님과 김보형 선배님에게 감사드립니다. 그리고 일일이 열거는 못하지만 석사과정 동안 함께 한 10학번 동기님들과 자원생물학과 선·후배님들에게도 감사의 마음을 전합니다.

길다면 길고 짧다면 짧은 2년 동안 저의 좋은 기억과 나쁜 기억 모두에 함께 해주며 큰 힘이 되어준 나의 친구 귀요미 김민정, 에너자이저 박혜민 언니 그리고 함께 석사 과정을 마무리 한 김혜림 언니에게도 감사의 마음을 전합니다. 또한 자주 못 만남에도 불구하고 항상 나를 챙겨주는 친구들에게도 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 앞으로 더욱 성실히 좋은 연구를 할 수 있도록 다짐하며, 오랜기간 동안 묵묵히 지켜봐 주시고, 응원해 주신 저의 정신적 버팀목 부모님, 엔도르핀 동생 진희, 그리고 꽃피는 봄에 하늘나라로 가신 꽃보다 아름다운 외할머니에게 감사의

마음과 사랑한다는 말을 전합니다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

6. 참고문헌

Amsler, C.D., R.J. Rowley, D.R. Laur, L.B. Quetin and R.M. Ross. 1995. Vertical distribution of Antarctic peninsular macroalgae: cover, biomass and species composition. *Phycologia.* 34: 424-430.

Ballesteros, E., S. Pinedo and R. Arevalo. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: Descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin.* 55: 104-113.

Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs.* 27: 325-349.

Breeman, A.M. 1988. Relative importance of temperature and other factors in determining geographic boundaries of seaweeds: experimental and phonological evidence. *Helgolande meeresunters.* 42: 199-241.

Cheney, D.P. 1977. R&C/P – A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *Journal of Phycology* (Supplement). 13: 129.

Choi, C.G. 2007. Algal flora and *Ecklonia stolonifera* Okamura(Laminariaceae) population of Youngdo in Busan, Korea. *Algae*. 22: 313-318

Choi, C.G. and G.J. Park. 2009. A Study on the community structure of intertidal benthic marine algae in Youngil Bay, Eastern Coast of Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 42: 664-673.

Choi, C.G., S.J. OH and I.J. Kang. 2010. A study on the community structure of subtidal marine algae in Kijang, Korea. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University.* 55: 39-45.

Doty, M.S. and J. Newhouse. 1954. The distribution of marine algae into estuarine waters. *American Journal of Botany.* 41: 508-515.

Feldmann, J. 1937. Recherches sur la vegetation marine de la Miditerranee. *La cote des Alveres Review Algol.* 10: 1-339.

Fox, S.E., E. Stieve, I Valiela, J. Hauxwell and J. Mcclelland. 2008. Macrophyte abundance in waquoit Bay: Effects of land-derived nitrogen loads on seasonal and multi-year biomass patterns. *Estuaries and Coasts.* 31: 532-541.

Grrrison, T. 2004. *Oceanography an invitation to marine science.* Sigmapress publishing company. Seoul. 277-278pp.

Hong, G.H., K.T. Kim, S.J. Pae, S.H. Kim and S.H. Lee. 1991. Annual cycles of nutrients and dissolved oxygen in a nutrient rich temperate coastal bay, Jinhae Bay. *Journal of Oceanological Society of Korea.* 15: 204-222.

Jang, S.T. and K.C. Kim. 2006. Change of oceanographic environment in the Nakdong Estuary. *Journal of the Korean society of oceanography.* 11: 11-20.

Josselyn, M. 1985. Do nutrients of physical factors control macroalgal growth in temperate estuaries? *Estuaries*. 8: 30A.

Kamer, K. and P. Fong. 2000. A fluctuating salinity refime mitigates the negative effects of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis* (L.) link. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 254: 53-69.

Kang, J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. *Bulletin of Pusan Fisheries Coll*ege. 7: 1-125.

Kang, J.W. 1968. *Illustrated encylopedia of fauna and flora of Korea.* Vol. 8(Marine algae). Samhwa publishing company. Seoul. 11-367pp.

Kang, P.J., Y.S. Kim and K.W. Nam. 2008. Flora and community structure of benthic marine algae in Ilkwang Bay, Korea. *Algae*. 23: 317-326.

Kim, K.C., H.S. Yang, C.K. Kim, C.H. Moon and S.T. Jang. 1999. Variations of physical oceanographic envrionment caused by opening and closing the floodate in Nakdong Estuary. *Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering*. 2: 49-59.

Kim, K.Y., J.H. Kim and T.S. Choi. 2001. Seasonal changes in the abundance of *Ulva* mats on a rocky intertidal zone of the Southern coast of Korea. *Algae.* 16: 337-341.

Lee, I.K. and J.W. Kang. 1986. A Check list of marine algae in Korea. *The Korean Society of Phycology*. 1: 311-325.

Lee, I.K., H.S. Kim, C.H. Koh, J.W. Kang, S.Y. Hong, S.M. Boo, I.H. Kim and C.Y. Kang. 1984. Studies on the marine benthic communities in inter-and subtidal zone II. Qualitative and quantitative analysis of the community structure in south-eastern coast of Korea. *Proceedings of the College of Natural Sciences, Seoul national university.* 9: 71-126.

Lee, K.W. and J.W. Kang. 1971. A preliminary survey of the algal flora and communities of Dongbaiksum, Pusan. *Publications of the Marine Laboratory, Pusan Fish College*. 4: 29-37.

Lee, Y.P. and S.Y. Kang. 2001. *A catalogue of the seaweeds in Korea*. Cheju National University Press. 662pp.

Lillebo, A.I., J.M. Neto, I. Martins, T. Verdelhos, S. Leston, P.G. Cardoso, S.M. Ferreira, J.C. Marques and M.A. Pardal. 2005. Management of a shallow temperate estuary to control eutrophication: The effect of hydrodynamics on the system's nutrients loading. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 65: 697-707.

Liu, D., J. Bai, S. Song, J. Zhang, P. Sun, Y. Li and G. Han. 2007. The impact of sewage discharge on the macroalgal community in the Yellow Sea coastal area around Quingdao, China. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus.* 7: 683-692.

Lotze, H.K. and Schramm W. 2000. Ecophysiological traits explain species dominance patterns in macroalgal blooms. *Journal of Phycology.* 36: 287-295.

Martins, I., J.M. Oliveira, M.R. Flindt and J.C. Marques. The effect of salinity on the growth rate of the macroalgae *Enteromorpha intestinalis*(Chlorophyta) in the Mondego estuary(west Portugal). *Acta Oecologica*. 20: 259-265.

Martins, I., M.A. Pardal, A.I. Lillebo, M.R. Flindt and J.C. Marques. 2001. Hydrodynamics as a major Factor controlling the occurrence of green macroalgal blooms in a eutrophic estuary: A case study on the influence of precipitation and river management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 52: 165-177.

Martins, I., R.J. Lopes, A.I. Lillebo, J.M. Neto, M.A. Pardal, J.G. Ferreira and J.C. Marques. 2007. Significant variations in the productivity of green macroalgae in a mesotidal estuary: Implications to the nutrient loading of the system and the adjacent coastal area. *Marine Pollution Bulletin.* 54: 678-690.

Moon, C.H. and H.J. Choi. 1991. Studies on the environmental charactristeics and phytoplankton community in the Nakdong River estuary. *The Journal of the Oceanological Society of Korea.* 26: 144-154.

Mueller-Dombasis, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation Ecology.* Wiley publishing company. New York. 547pp.

Nam, K.W. and Y.S. Kim. Benthic marine algal flora and community structure of Yongho-dong area in Pusan, Korea. *Journal of Korea Fisheries Society.* 32: 374-384.

Nelson, T.A., K. Haberlin, A.V. Nelson, H. Ribarich, R. Hotchkiss, K.L. Van Alstyne, L. Buckinham, D.J. Simunds and K. Fredrickson. 2008. Ecological and physiological controls of species composition in green macroalgal blooms. *Ecology*. 89: 1287-1298.

Park, S., H.S. Yoon, I.C. Lee and H.T. Kim. 2008. Correlation between meteoroloical factors and water discharge from the Nakdong River Barrage, Korea. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety.* 14: 111-117.

Satio, Y. and S. Atobe. 1970. Phytosociological study of intertidal marine algae. 1. Usujiri Benten-Jima, Hokkaido. *Bulletin of the Faculty Fisheries, Hokkaido University.* 20: 37-69.

Seagawa, S. 1956. *Coloured illustrations of the seaweed of Japan.* Hoikusha publishing company. Osaka. 195pp.

Sohn, C.H., C.G. Choi and H.G. Kim. 2002. Effect of transplantation of *Ecklonia stolonifera* Okamura with adhesive glue. *Journal of Korea Fisheries Society.* 35: 608-613.

Sugimoto, K., K. Hiraoka, S. Ohta, Y. Niimura, T. Terawaki and M. Okada. Effects of ulvoid(*Ulva* spp.) accumulation on the structure and function of eelgrass(*Zosera marinia* L.) bed. *Marine Pollution Bulletion.* 54: 1582-1585.

Taylor, R.B., N.G. Barr, A. Kloeppel, T.A.V. Rees, C. Scherer and A. Wenzel. 2008. Wave surge increases rates of growth and nutrient uptake in the green seaweed *Ulva pertusa* maintained at low bulk flow velocities. *Aquatic biology.* 3: 179-186.

Teichberg, M., S.E. Fox, Y.S. Olsen, I. Valiela and P. Martinetto, *et al.*(in press) 2010. Eutrophication and macroalgal blooms in temperate and tropical coastal waters: nutrient enrichment experiments with *Ulva* spp. *Global change biology.* 16: 2624-2637.

Underwood, A.J. 1981. Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: Patterns of vertical distribution and seasonal changes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 51: 57-85

Wilkinson, M. 1981. *Survival strategies of attached algae in estuaries.* In: Jones, N.V., Wolff, W.J.(Eds.) *Feeding and survival strategies of estuarine organisms.* Plenum publishing company. New York. 29-38pp.

Wilkinson, M., P. Wood, E. Wells and C. Scanlan. 2007. Using attached macroalgae to assess ecological status of British estuaries for the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin.* 55: 136-150.

Wilkinson, M., T.C. Telfer and S. Grundy. 1995. Geographical variations in the distribution of macroalgae in estuaries. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology.* 29: 359-368.

Yang, S.R., H.S. Song, C.H. Moon, K.Y. Kwon and H.S. Yang. 2001. Changes in marine environment and primary production due to freshwater input in the Nakdong estuary. *Algae.* 16: 165-177.

Yoo, C.I., H.S. Yoon and H.B. Park. 2008. Correlation between spring weather factors and local wind waves in the Nakdong River Estuary, Korea. *Journal of the Korean Society of Marine Envrionmental & Safety.* 14: 111-117.

Yoo, J.S. 2003. Biodiversity and commnity structure of marine benthic organisms in the rocky shore of Dongbaekseom, Busan. *Algae*. 18: 225-232.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교